

Unexamined Patent Publication No. 2000-246804

Publication date: September 12, 2000

Application No. 11(1999)-52644

Filing date: March 1, 1999

Applicant: MINOLTA CO., LTD.

Inventor: Akiyoshi K.

Title of Invention:

Method and Apparatus for Manufacturing Three-Dimensional Object, and Three-Dimensional Object Itself

Claims:

1. A method for manufacturing a three-dimensional object by depositing a plurality of sheets, each representing a cross-section of a predetermined three-dimensional model, according to data on the three-dimensional model, comprising

(a) a step of preparing a plurality of transparent sheets,  
(b) an area-defining step of defining those areas constituting a colored outer surface of the three-dimensional object on surfaces of each of said plurality of sheets as areas to be colored, according to a shape of the three-dimensional model,

(c) a coloring step of providing a color layer onto each of the areas to be colored, said color layer consisting of a predetermined base color, a unique color corresponding to a surface color of the three-dimensional model, and combination thereof, and

(d) a step for obtaining the three-dimensional object carried out after the coloring step by repeating in a predetermined order the steps of

(d-1) cutting each of said plurality of sheets according to an outline of each cross-section of the three-dimensional model, and

(d-2) depositing said plurality of sheets.

2. A method for manufacturing a three-dimensional object according to Claim 1, wherein the base color is white.

3. A method for manufacturing a three-dimensional object

according to Claim 1 or 2, wherein the color layer comprises  
a first layer which is a solid layer of the base color,  
and

a second layer which consists of spatially distributed  
gradation of a color element corresponding to the unique color  
and which is laid on the first layer.

4. A method for manufacturing a three-dimensional object  
according to Claim 3, wherein

the areas to be colored are defined on only one of the  
upper surface and the lower surface of each of said plurality  
of sheet, and wherein

the coloring step comprises the step of

(c-1) placing the second layer over the first layer in  
the case where the sheet to be colored constitutes a stepped-up  
portion of the three-dimensional object, or below the first  
layer in the case where the sheet to be colored constitutes an  
overhung portion of the three-dimensional object.

5. A method for manufacturing a three-dimensional object  
according to Claim 1 or 2, wherein the color layer is constituted  
of a complementary pattern of the base color and spatially  
distributed gradation of a color element corresponding to the  
unique color.

6. A method for manufacturing a three-dimensional object  
by depositing a plurality of sheets, each representing a  
cross-section of a predetermined three-dimensional model,  
according to data on the three-dimensional model, comprising

(a) a step of preparing a plurality of opaque sheets having  
a predetermined color,

(b) an area-defining step of defining those areas  
constituting a colored outer surface of the three-dimensional  
object on surfaces of each of said plurality of sheets as areas  
to be colored, according to a shape of the three-dimensional  
model,

(c) a coloring step of providing a color layer onto each  
of the areas to be colored, said color layer consisting of a  
predetermined base color which is different from the

predetermined color, a unique color corresponding to a surface color of the three-dimensional model, and combination thereof, and

(d) a step for obtaining the three-dimensional object carried out after the coloring step by repeating in a predetermined order the steps of

(d-1) cutting each of said plurality of sheets according to an outline of each cross-section of the three-dimensional model, and

(d-2) depositing said plurality of sheets.

7. A method for manufacturing a three-dimensional object according to Claim 6, wherein

the predetermined color is a color other than white, and wherein

the base color is white.

8. A method for manufacturing a three-dimensional object according to Claim 6 or 7, wherein the color layer comprises a first layer which is a solid layer of the base color, and

a second layer which consists of spatially distributed gradation of a color element corresponding to the unique color and which is laid on the first layer.

9. A method for manufacturing a three-dimensional object according to any one of Claims 5-8, wherein the color layer is constituted of a complementary pattern of the base color and spatially distributed gradation of a color element corresponding to the unique color.

10. A method for manufacturing a three-dimensional object by depositing a plurality of sheets, each representing a cross-section of a predetermined three-dimensional model, according to data on the three-dimensional model, comprising

(a) an object layer building step for depositing in order a plurality of object layers composed of a powder material or a paste-like material including colors corresponding to colors of a colored outer surface of the three-dimensional object at the height of the respective cross-sections, and

(b) a step of solidifying a portion of each object layer immediately after deposition thereof, said portion corresponding to a shape of the cross-section of the three-dimensional model, wherein

the object layer building step comprises the steps of

(a-1) defining those areas constituting a colored outer surface of the three-dimensional object in the portion to be solidified of the object layer as areas to be colored, according to a shape of the three-dimensional model, and

(a-2) coloring an entire extent of the color layer with spatially distributed first color carrier and second color carrier, said first color carrier having a predetermined base color and said second color carrier having a unique color corresponding to a surface color of the three-dimensional model.

11. A method for manufacturing a three-dimensional object according to any one of Claims 1-10, wherein the unique color consists of spatially distributed gradation of a plurality of color elements including the three primary colors.

12. A method for manufacturing a three-dimensional object according to Claim 2 or 7, wherein an overlapping portion of each of said plurality of sheets where the sheet overlaps with an adjacent sheet thereof is bonded to the adjacent sheet by way of a white color carrier.

13. An apparatus for manufacturing a three-dimensional object by depositing a plurality of sheets, each representing a cross-section of a predetermined three-dimensional model, according to data on the three-dimensional model, comprising

(a) a plurality of color carrier suppliers including at least a first carrier supplier for supplying a white color carrier and a second carrier supplier for supplying a color carrier other than the white color carrier,

(b) coloring process controlling means for providing the white color carrier and the color carrier other than the white color carrier onto areas to be colored on said plurality of sheets, by selectively controlling operation of said plurality

of color carrier suppliers in accordance with colors of a colored outer surface of the three-dimensional object at the height of the respective cross-sections,

(c) deposition means for depositing the colored sheets to obtain the three-dimensional object, and

(d) cutting means for cutting each of said plurality of sheets according to an outline of each cross-section of the three-dimensional model.

14. An apparatus for manufacturing a three-dimensional object according to Claim 13, wherein

each of said plurality of sheets is a transparent sheet, and wherein

the coloring process controlling means comprises

(b-1) first controlling means for controlling operation of the first carrier supplier to provide the white color carrier onto an entire extent of each of the areas to be colored on said plurality of sheets

(b-2) second controlling means for controlling operation of the second carrier supplier to provide spatially distributed gradation of the color carrier other than the white color carrier onto each of the areas to be colored on said plurality of sheets.

15. An apparatus for manufacturing a three-dimensional object according to Claim 13, wherein

the coloring process controlling means comprises

(b-1) complementary pattern formation controlling means for controlling operation of the first carrier supplier and the second carrier supplier to provide a color layer constituted of a complementary pattern of the white color carrier and the color carrier other than the white color carrier onto each of the areas to be colored on said plurality of sheets.

16. An apparatus for manufacturing a three-dimensional object by depositing a plurality of sheets, each representing a cross-section of a predetermined three-dimensional model, according to data on the three-dimensional model, comprising

(a) a plurality of color carrier suppliers including at

least a first carrier supplier for supplying a white color carrier and a second toner supplier for supplying a color carrier other than the white color carrier,

(b) object layer building means for depositing in order a plurality of object layers composed of a powder material or a paste-like material, each of said object layers carrying spatial distribution of a plurality of color carriers on a predetermined area thereof to be colored, by selectively controlling operation of said plurality of color carrier suppliers in accordance with colors of a colored outer surface of the three-dimensional object at the height of the respective cross-sections,

(c) means for solidifying a portion of each object layer in order, said portion corresponding to a shape of the cross-section of the three-dimensional model.

17. A three-dimensional object comprising

(a) a plurality of transparent sheets deposited on one another, and

(b) color layers each associated with one of the transparent sheets, each of the color layers defined at a portion of the transparent sheet constituting an outer surface of the three-dimensional object, wherein

the color layer exhibits a spatial pattern consisting of a predetermined base color and a unique color which is different from the predetermined base color.

18. A three-dimensional object comprising

(a) a plurality of opaque sheets having a predetermined color deposited on one another, and

(b) color layers each associated with one of the opaque sheets, each of the color layers defined at a portion of the opaque sheet constituting an outer surface of the three-dimensional object, wherein

the color layer exhibits a spatial pattern consisting of a predetermined base color and a unique color which is different from the predetermined base color.

19. A three-dimensional object according to Claim 17 or

18, wherein

each of the color layers comprises

(b-1) a solid layer of the base color, and

(b-2) a unique color layer consisting of spatially distributed gradation of the unique color.

20. A three-dimensional object according to Claim 17 or 18, wherein the color layer exhibits a complementary pattern of the predetermined base color and the unique color.

21. A three-dimensional object comprising

a plurality of solidified color carrier layers deposited on one another, each of the solidified color carrier layers obtained by solidifying an object layer which is composed of a powder material or a paste-like material carrying color carriers, wherein

a portion of each of the solidified color carrier layers constituting an outer surface of the three-dimensional object exhibits a spatial pattern consisting of a white color carrier and a color carrier other than the white color carrier.





(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-246804

(P2000-246804A)

(43)公開日 平成12年9月12日(2000.9.12)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマト\* (参考)

B 2 9 C 67/00

B 2 9 C 67/00

4 F 2 1 3

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 21 頁)

(21)出願番号

特願平11-52644

(22)出願日

平成11年3月1日(1999.3.1)

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 神前 明佳

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(74)代理人 100089233

弁理士 吉田 茂明 (外2名)

Fターム(参考) 4F213 WA25 WA97 WB01 WL02 WL22

WL27 WL96

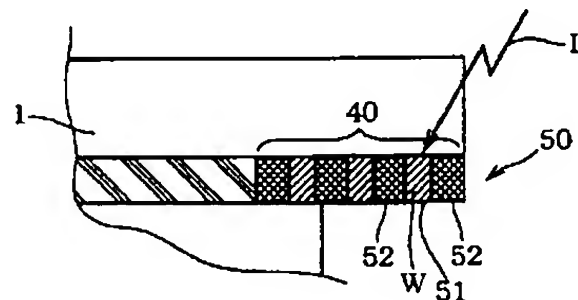
(54)【発明の名称】 3次元造形物の製造方法および製造装置ならびに3次元造形物

(57)【要約】

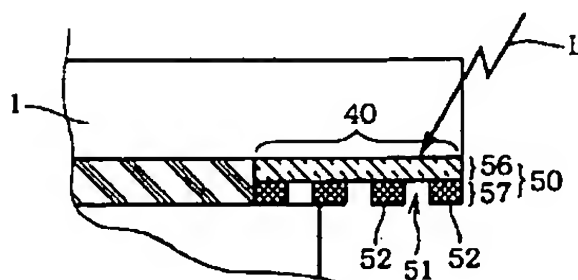
【課題】 彩色された複数のシートを積層して3次元造形物を製造するにあたり、その基礎となる立体モデルの表面色の階調性を正確に再現する。

【解決手段】 立体モデルの各断面の形状に応じて、透明シート1上に彩色領域40を規定する。この彩色領域40の全域を白のトナー層56でその全面を覆った後に、3原色のトナーを空間的に階調分布させた3原色トナー層52を付与して2層構造の彩色層50を形成する。あるいは白のトナーWによって3原色のトナーのドット52の隙間を埋めた1層構造の彩色層50を形成する。彩色領域40では透明シート1を介して光Lを透過することがないため、積層体の表面色の表現における階調性や色調性が高まる。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の立体モデルの各断面を表現した複数のシートの積層体を前記立体モデルのデータに基づいて作成することにより3次元造形物を得る方法であって、

- (a) 透明な複数のシートを準備する工程と、
- (b) 前記立体モデルの形状に基づいて、前記複数のシートの表面のうち前記3次元造形物の外観色に寄与する部分を彩色領域として規定する領域規定工程と、
- (c) 所定のベース色と前記立体モデルの表面色に応じた固有色と組合せによって覆い尽された彩色層を前記彩色領域上に与える彩色工程と、
- (d) 前記彩色工程の後に、
- (d-1) 前記立体モデルの各断面の形状に応じて前記複数のシートをカットする工程と、
- (d-2) 前記複数のシートを積層する工程と、を所定の順次で実行して前記積層体を得る工程と、を備えることを特徴とする3次元造形物の製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載の3次元造形物の製造方法において、前記ベース色が白であることを特徴とする3次元造形物の製造方法。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の3次元造形物の製造方法において、前記彩色層は、前記ベース色のベタ層として形成された第1層と、前記固有色に対応する色要素の空間的階調分布からなり、前記第1層に重ねて形成された第2層と、を含むことを特徴とする3次元造形物の製造方法。

【請求項4】 請求項3に記載の3次元造形物の製造方法において、前記彩色領域は、前記複数のシートのそれぞれの上面または下面だけに統一して規定されており、前記彩色工程は、

(c-1) その時点で彩色対象となっている処理中シートが前記積層体のステップアップ部のシートであるときには前記第1層の上方に前記第2層を形成し、前記処理中シートが前記積層体のオーバーハング部のシートであるときには前記第1層よりも下方に前記第2層を形成する工程、を備えることを特徴とする3次元造形物の製造方法。

【請求項5】 請求項1または請求項2に記載の3次元造形物の製造方法において、前記彩色層が、前記固有色に対応する色要素の空間的階調分布と、前記空間的階調分布の隙間を埋めるように配置されたベース色との相補的パターン分布によって形成されていることを特徴とする3次元造形物の製造方法。

【請求項6】 所定の立体モデルの各断面を表現した複数のシートの積層体を前記立体モデルのデータに基づいて作成することにより3次元造形物を得る方法であって、

て、

- (a) 不透明な所定色を有する複数のシートを準備する工程と、
- (b) 前記立体モデルの形状に基づいて、前記複数のシートの表面のうち前記3次元造形物の外観色に寄与する部分を彩色領域として規定する領域規定工程と、
- (c) 前記所定色とは異なるベース色と前記立体モデルの表面色に応じた固有色と組合せによって覆い尽された彩色層を前記彩色領域上に与える彩色工程と、
- (d) 前記彩色工程の後に、
- (d-1) 前記立体モデルの各断面の形状に応じて前記複数のシートをカットする工程と、
- (d-2) 前記複数のシートを積層する工程と、を所定の順次で実行して前記積層体を得る工程と、を備えることを特徴とする3次元造形物の製造方法。

【請求項7】 請求項6に記載の3次元造形物の製造方法において、

前記所定色が白以外の色であり、

前記ベース色が白であることを特徴とする3次元造形物の製造方法。

【請求項8】 請求項6または請求項7に記載の3次元造形物の製造方法において、

前記彩色層は、

前記ベース色のベタ層として各シート上に形成された第1層と、

前記固有色に対応する色要素の空間的階調分布からなり、前記第1層の上に重ねて形成された第2層と、を含むことを特徴とする3次元造形物の製造方法。

【請求項9】 請求項5ないし請求項8のいずれかに記載の3次元造形物の製造方法において、

前記彩色層が、前記固有色に対応する色要素の空間的階調分布と、前記空間的階調分布の隙間を埋めるように配置されたベース色との相補的パターン分布によって形成されていることを特徴とする3次元造形物の製造方法。

【請求項10】 所定の立体モデルの各断面を表現した複数の色層の積層体を前記立体モデルのデータに基づいて作成することにより3次元造形物を得る方法であって、

(a) 前記3次元造形物の各断面位置での外観色に対応した色を含んだ複数の粉体状またはペースト状の造形層を順次に積層形成する造形層形成工程と、

(b) 前記造形層が新たに積層形成されるごとに、当該造形層のうち前記立体モデルの断面形状に対応する部分を凝結させる工程と、を備え、

前記造形層形成工程が、

(a-1) 前記立体モデルの形状に基づいて、前記造形層を形成すべきエリア中に、前記3次元造形物の外観に寄与する部分を彩色領域として規定する工程と、

(a-2) 所定のベース色の第1のカラーキャリアと、前記立体モデルの表面色に応じた固有色を表現する第2のカラーキャリアと、を備える工程と、を備えることを特徴とする3次元造形物の製造方法。

ラーキャリアとの空間的分布によって前記彩色領域を覆い尽くす工程と、を備えることを特徴とする 3 次元造形物の製造方法。

【請求項 11】 請求項 1 ないし請求項 10 のいずれかに記載の 3 次元造形物の製造方法において、前記固有色が、3 原色を含む複数の色要素の空間的階調分布で表現されていることを特徴とする 3 次元造形物の製造方法。

【請求項 12】 請求項 2 または請求項 7 に記載の 3 次元造形物の製造方法において、前記複数のシートの相互の重なり領域が、白のカラーキャリアによって接着されることを特徴とする 3 次元造形物の製造方法。

【請求項 13】 所定の立体モデルの各断面を表現した複数のシートの積層体を前記立体モデルのデータに基づいて作成することにより 3 次元造形物を得る装置であって、

(a) 白のカラーキャリアを供給する第 1 キャリア供給源と、白以外のカラーキャリアを供給する第 2 キャリア供給源とを含んで構成された複数のカラーキャリア供給源と、

(b) 前記立体モデルの各断面位置における表面色に応じて前記複数のカラー供給源を選択的に駆動制御することにより、各シートの彩色領域に白のカラーキャリアと白以外のカラーキャリアとを付与して彩色する彩色制御手段と、

(c) 彩色後の各シートを積層させてシート積層体を得る積層手段と、

(d) 前記立体モデルの各断面形状に応じて各シートをカットするカット手段と、を備えることを特徴とする 3 次元造形物の製造装置。

【請求項 14】 請求項 13 に記載の 3 次元造形物の製造装置において、

前記複数のシートのそれぞれが透明シートであり、前記彩色制御手段が、

(b-1) 前記第 1 キャリア供給源を駆動して、各シートの前記彩色領域の全域に白のカラーキャリアを付与させる第 1 制御手段と、

(b-2) 前記第 2 キャリア供給源を駆動して、各シートの前記彩色領域に白以外のカラーキャリアの階調分布を付与させる第 2 制御手段と、を備えることを特徴とする 3 次元造形物の製造装置。

【請求項 15】 請求項 13 に記載の 3 次元造形物の製造装置において、

前記彩色制御手段が、

(b-1) 前記第 1 と第 2 のキャリア供給源を駆動して、白のカラーキャリアと白以外のカラーキャリアとの相補的な空間分布からなる彩色層を、各シートの前記彩色領域に形成させる相補的分布生成制御手段、を備えることを特徴とする 3 次元造形物の製造装置。

【請求項 16】 所定の立体モデルの各断面を表現した複数の色層の積層体を前記立体モデルのデータに基づいて作成することにより 3 次元造形物を得る装置であって、

(a) 白のカラーキャリアを供給する第 1 キャリア供給源と、白以外のカラーキャリアを供給する第 2 トナー供給源とを含んで構成された複数のカラーキャリア供給源と、

(b) 所定の立体モデルの各断面位置での外観色に応じて前記複数のカラーキャリア供給源を選択的に駆動制御することにより、所定の彩色領域に複数のカラーキャリアの空間分布が付与された複数の粉体状またはペースト状の造形層を順次に積層形成する造形層形成手段と、

(c) 前記立体モデルの断面形状に応じて各造形層を順次に凝結させる凝結手段と、を備えることを特徴とする 3 次元造形物の製造装置。

【請求項 17】 3 次元造形物であって、

(a) 互いに積層された複数の透明シートと、

(b) 前記複数の透明シートのそれぞれにつき、前記 3 次元造形物の外観に現れる部分に規定された彩色領域を覆う彩色層と、を備え、

前記彩色層においては、所定のベース色と、前記ベース色とは異なる固有色との空間的な組合せによって前記彩色領域を覆い尽くしていることを特徴とする 3 次元造形物。

【請求項 18】 3 次元造形物であって、

(a) 互いに積層され、かつ不透明の所定色を持った複数のカラーシートと、

(b) 前記複数のカラーシートのそれぞれにつき、前記 3 次元造形物の外観に現れる部分に規定された彩色領域を覆う彩色層と、

を備え、

前記彩色層においては、所定のベース色と、前記ベース色とは異なる固有色との組合せによって前記彩色領域を覆い尽くしていることを特徴とする 3 次元造形物。

【請求項 19】 請求項 17 または請求項 18 に記載の 3 次元造形物であって、

前記彩色層が、

(b-1) 前記ベース色を有するベタのベース色層と、

(b-2) 前記固有色が空間的に階調分布してなる固有色層と、の積層構造となっていることを特徴とする 3 次元造形物。

【請求項 20】 請求項 17 または請求項 18 に記載の 3 次元造形物であって、

前記彩色層においては、前記ベース色と前記固有色とが相補的に空間分布して前記彩色領域を覆い尽くしていることを特徴とする 3 次元造形物。

【請求項 21】 3 次元造形物であって、

カラーキャリアを含む粉体状またはペースト状の造形層

を凝結して得られた複数のカラーキャリア凝結層の積層体として構成され、かつ各カラーキャリア凝結層のうち前記3次元造形物の外観に現れる部分が、白のカラーキャリアと白以外のカラーキャリアとが空間分布した組合せ造形層となっていることを特徴とする3次元造形物。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、立体モデルの各断面を表現したシートなどを積層して3次元造形物を製造する技術に関するもので、特に、彩色（着色）を施した3次元造形物を得るための改良に関する。

【0002】

【発明の背景】所定の立体モデルの形状データに基づいて、立体モデルの断面形状を印刷したシートを接着して積層し、断面形状の輪郭に合わせて切り抜くことで形状データに忠実に3次元造形物を再現できる造形装置が知られている。

【0003】ところで、このような3次元造形物においては、立体モデルの形状だけでなく色彩をも反映させることによって、その視覚的価値を高めることが望まれる。

【0004】3次元造形物に色彩を付すための最も基本的な方法としては、複数の白色シートのそれぞれの表面のうち、立体モデルの断面の輪郭部分に相当する領域を彩色してから、それらの切り抜きと積層とをするという方法が考えられる。そのようにすることによって得られた3次元造形物においては、その外観に色彩が現れることになる。

【0005】しかしながら、白色のシートを使用する場合には、3次元造形物を構成する積層体のうち段階的にシートサイズが小さくなって積み上げられている部分

（以下、「ステップアップ部」）ではシートの上側面に色彩を付す必要がある一方、段階的にシートサイズが大きくなって積み上げられている部分（以下、「オーバーハング部」）においてはシートの下側面に色彩を付す必要がある。

【0006】したがって、たとえばシートの裏面に色彩を付すように構成された装置では、ステップアップ部のシートについては色彩を付したシートの表裏を反転させてから積層しなければならない。

【0007】これに対して、透明シートを利用する方法が提案されており、この方法では、透明シートのひとつの面に付された色を他面側から観察できるように、透明シートの反転の必要はないという利点がある。また、透明シートの下面をトナーの転写面とすることにより、ヒートローラやホットプレスによる熱でシート間を接着する際に、これらのヒートローラやホットプレスの残留したトナーがシートに落下してシートを汚染するという事態も防止できるという利点がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図23に示すように、彩色のために透明シート1にカラートナーのドット52を空間的分布させて階調を表現しようとする、各カラートナーのドット52の配列の間隙51を通してシートの反対面からの光Lが透過するため、視覚的に色調や階調が変化してしまうという問題がある。特に、薄い色調の部分ではカラートナーの付着量が少ないために透過光Lの量が相対的に多くなり、色調や階調の表現が不正確になりがちである。

【0009】このため、このような透明シートを使用した場合の色調や階調の変化を防止して正確な色彩表現を行うことが望まれる。

【0010】また、既述した不透明のシートを使用する場合においても、そのシートがカラーシートであるような場合には、各カラートナーのドットの配列の間隙を通してカラーシート自身の色すなわちシート色が一部に現れるために、やはり正確な色表現ができないという問題がある。たとえば、薄い黄色を表現するために黄色のドットを離散的に分布させた場合にも、シートが青色である場合には、緑の外観になってしまう。

【0011】

【発明の目的】本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その第1の目的は、透明シートを使用した場合を対象として、立体モデルの表面色を正確に再現できる3次元造形物と、その製造技術を得ることである。

【0012】また、この発明の第2の目的は、不透明のカラーシートを使用した場合を対象として、立体モデルの表面色を正確に再現できる3次元造形物と、その製造技術を得ることである。

【0013】さらに、この発明の第3の目的は、これらの第1および第2の目的を達成するための新技術の発想を拡大することによって、シートを使用することなくカラートナー層だけを積層して凝結させることによって3次元造形物を製作するとともに、それによって得られる3次元造形物においても立体モデルの表面色を正確に再現できるようにすることである。

【0014】

【用語の定義】この明細書における各用語は以下のように定義される。

【0015】「カラー」とは、特に断らない限り有彩色および無彩色の双方を含む。したがって、黒や白も「カラー」に含まれる。

【0016】「カラーキャリア」とは、固体状の着色材料（トナー等）および液体状の着色材料（インク等）を総称する用語である。顔料や染料も「カラーキャリア」に含まれる。

【0017】「透明シート」とは、完全に無色透明なシートだけでなく、淡い色が付された半透明のシートなど、実質的な光の透過性を有しているシート全般を指す。



【0018】

【課題を解決するための手段】上記の第1の目的を達成するため、請求項1の発明では、所定の立体モデルの各断面を表現した複数のシートの積層体を前記立体モデルのデータに基づいて作成することにより3次元造形物を得る方法であって、(a)透明な複数のシートを準備する工程と、(b)前記立体モデルの形状に基づいて、前記複数のシートの表面のうち前記3次元造形物の外観色に寄与する部分を彩色領域として規定する領域規定工程と、(c)所定のベース色と前記立体モデルの表面色に応じた固有有色と組合せによって覆い尽された彩色層を前記彩色領域上に与える彩色工程と、(d)前記彩色工程の後に、(d-1)前記立体モデルの各断面の形状に応じて前記複数のシートをカットする工程と、(d-2)前記複数のシートを積層する工程と、を所定の順次で実行して前記積層体を得る工程とを備えることを特徴とする。

【0019】請求項2の発明は、請求項1に記載の3次元造形物の製造方法において、前記ベース色が白であることを特徴とする。

【0020】請求項3の発明は、請求項1または請求項2に記載の3次元造形物の製造方法において、前記彩色層は、前記ベース色のベタ層として形成された第1層と、前記固有有色に対応する色要素の空間的階調分布からなり、前記第1層に重ねて形成された第2層とを含むことを特徴とする。

【0021】請求項4の発明は、請求項3に記載の3次元造形物の製造方法において、前記彩色領域は、前記複数のシートのそれぞれの上面または下面だけに統一して規定されており、前記彩色工程は、(c-1)その時点で彩色対象となっている処理中シートが前記積層体のステップアップ部のシートであるときには前記第1層の上方に前記第2層を形成し、前記処理中シートが前記積層体のオーバーハング部のシートであるときには前記第1層よりも下方に前記第2層を形成する工程を備えることを特徴とする。

【0022】請求項5の発明は、請求項1または請求項2に記載の3次元造形物の製造方法において、前記彩色層が、前記固有有色に対応する色要素の空間的階調分布と、前記空間的階調分布の隙間を埋めるように配置されたベース色との相補的パターン分布によって形成されていることを特徴とする。

【0023】一方、請求項6の発明は上記第2の目的に対応しており、所定の立体モデルの各断面を表現した複数のシートの積層体を前記立体モデルのデータに基づいて作成することにより3次元造形物を得る方法であって、(a)不透明な所定色を有する複数のシートを準備する工程と、(b)前記立体モデルの形状に基づいて、前記複数のシートの表面のうち前記3次元造形物の外観色に寄与する部分を彩色領域として規定する領域規定工程と、(c)前記所定色とは異なるベース色と前記立体モ

デルの表面色に応じた固有有色と組合せによって覆い尽された彩色層を前記彩色領域上に与える彩色工程と、(d)前記彩色工程の後に、(d-1)前記立体モデルの各断面の形状に応じて前記複数のシートをカットする工程と、(d-2)前記複数のシートを積層する工程と、を所定の順次で実行して前記積層体を得る工程とを備えることを特徴とする。

【0024】請求項7の方法は、請求項6に記載の3次元造形物の製造方法において、前記所定色が白以外の色であり、前記ベース色が白であることを特徴とする。

【0025】請求項8の発明は、請求項6または請求項7に記載の3次元造形物の製造方法において、前記彩色層は、前記ベース色のベタ層として各シート上に形成された第1層と、前記固有有色に対応する色要素の空間的階調分布からなり、前記第1層の上に重ねて形成された第2層とを含むことを特徴とする。

【0026】請求項9の発明は、請求項5ないし請求項8のいずれかに記載の3次元造形物の製造方法において、前記彩色層が、前記固有有色に対応する色要素の空間的階調分布と、前記空間的階調分布の隙間を埋めるように配置されたベース色との相補的パターン分布によって形成されていることを特徴とする。

【0027】さらに、請求項10の発明は上記の第3の目的に対応しており、所定の立体モデルの各断面を表現した複数の色層の積層体を前記立体モデルのデータに基づいて作成することにより3次元造形物を得る方法であって、(a)前記3次元造形物の各断面位置での外観色に対応した色を含んだ複数の粉体状またはペースト状の造形層を順次に積層形成する造形層形成工程と、(b)前記造形層が新たに積層形成されるごとに、当該造形層のうち前記立体モデルの断面形状に対応する部分を凝結させる工程と、(c)各造形層のうち凝結されていない部分を除去して前記積層体を得る工程とを備え、前記造形層形成工程が、(a-1)前記立体モデルの形状に基づいて、前記造形層を形成すべきエリア中に、前記3次元造形物の外観に寄与する部分を彩色領域として規定する工程と、(a-2)所定のベース色の第1のカラーキャリアと、前記立体モデルの表面色に応じた固有有色を表現する第2のカラーキャリアとの空間的分布によって前記彩色領域を覆い尽くす工程とを備えることを特徴とする。

【0028】また、請求項11の発明は、請求項1ないし請求項10のいずれかに記載の3次元造形物の製造方法において、前記固有有色が、3原色を含む複数の色要素の空間的階調分布で表現されていることを特徴とする。

【0029】請求項12の発明では、請求項2または請求項7に記載の3次元造形物の製造方法において、前記複数のシートの相互の重なり領域が、白のカラーキャリアによって接着されることを特徴とする。

【0030】請求項13ないし請求項16の発明は、これらの製造方法の実施に好適な構造を有している。

【0031】このうち、請求項13の発明の装置は、所定の立体モデルの各断面を表現した複数のシートの積層体を前記立体モデルのデータに基づいて作成することにより3次元造形物を得る装置であって、(a)白のカラーキャリアを供給する第1キャリア供給源と、白以外のカラーキャリアを供給する第2キャリア供給源とを含んで構成された複数のカラーキャリア供給源と、(b)前記立体モデルの各断面位置における外観色に応じて前記複数のカラー供給源を選択的に駆動制御することにより、各シートの彩色領域に白のカラーキャリアと白以外のカラーキャリアとを付与して彩色する彩色制御手段と、(c)彩色後の各シートを積層させてシート積層体を得る積層手段と、(d)前記立体モデルの各断面形状に応じて各シートをカットするカット手段とを備えることを特徴とする。

【0032】請求項14の発明の装置は、請求項13に記載の3次元造形物の製造装置において、前記複数のシートのそれぞれが透明シートであり、前記彩色制御手段が、(b-1)前記第1キャリア供給源を駆動して、各シートの前記彩色領域の全域に白のカラーキャリアを付与させる第1制御手段と、(b-2)前記第2キャリア供給源を駆動して、各シートの前記彩色領域に白以外のカラーキャリアの階調分布を付与させる第2制御手段とを備えることを特徴とする。

【0033】請求項15の発明の装置は、請求項13に記載の3次元造形物の製造装置において、前記彩色制御手段が、(b-1)前記第1と第2のキャリア供給源を駆動して、白のカラーキャリアと白以外のカラーキャリアとの相補的な空間分布からなる彩色層を、各シートの前記彩色領域に形成させる相補的分布生成制御手段を備えることを特徴とする。

【0034】請求項16の発明の装置は、所定の立体モデルの各断面を表現した複数の色層の積層体を前記立体モデルのデータに基づいて作成することにより3次元造形物を得る装置であって、(a)白のカラーキャリアを供給する第1キャリア供給源と、白以外のカラーキャリアを供給する第2トナー供給源とを含んで構成された複数のカラーキャリア供給源と、(b)所定の立体モデルの各断面位置での外観色に応じて前記複数のカラーキャリア供給源を選択的に駆動制御することにより、所定の彩色領域に複数のカラーキャリアの空間分布が付与された複数の粉体状またはペースト状の造形層を順次に積層形成する造形層形成手段と、(c)前記立体モデルの断面形状に応じて各造形層を順次に凝結させる凝結手段とを備えることを特徴とする。

【0035】さらに、請求項17ないし請求項21の発明は、このような製造方法ないしは製造装置で製造される3次元造形物の利点を有している。

【0036】このうち、請求項17の発明の3次元造形物は、(a)互いに積層された複数の透明シートと、(b)前

記複数の透明シートのそれぞれにつき、前記3次元造形物の外観に現れる部分に規定された彩色領域を覆う彩色層とを備え、前記彩色層においては、所定のベース色と、前記ベース色とは異なる固有色との空間的な組合せによって前記彩色領域を覆い尽くしていることを特徴とする。

【0037】請求項18の発明の3次元造形物は、(a)互いに積層され、かつ不透明の所定色を持った複数のカラーシートと、(b)前記複数のカラーシートのそれぞれにつき、前記3次元造形物の外観に現れる部分に規定された彩色領域を覆う彩色層と、を備え、前記彩色層においては、所定のベース色と、前記ベース色とは異なる固有色との組合せによって前記彩色領域を覆い尽くしていることを特徴とする。

【0038】請求項19の発明の3次元造形物は、請求項17または請求項18に記載の3次元造形物であって、前記彩色層が、(b-1)前記ベース色を有するベタのベース色層と、(b-2)前記固有色が空間的に階調分布してなる固有色層との積層構造となっていることを特徴とする。

【0039】請求項20の3次元造形物は、請求項17または請求項18に記載の3次元造形物であって、前記彩色層においては、前記ベース色と前記固有色とが相補的に空間分布して前記彩色領域を覆い尽くしていることを特徴とする。

【0040】請求項21の3次元造形物は、カラーキャリアを含む粉体状またはペースト状の造形層を凝結して得られた複数のカラーキャリア凝結層の積層体として構成され、かつ各カラーキャリア凝結層のうち前記3次元造形物の外観に現れる部分が、白のカラーキャリアと白以外のカラーキャリアとが空間分布した組合せ造形層となっていることを特徴とする。

【0041】

【発明の実施の形態】＜A. 3次元造形物の製作の概要＞本発明の実施形態の具体的な構成と動作とについて説明する前に、積層体によって3次元造形物を製作するプロセスの概要について説明する。

【0042】図1(a)に示す立体モデルMDを再現する3次元造形物を製作する場合、まず、3次元CADデータ、あるいは3次元形状計測器などによって、立体モデルMDの形状と表面色との情報を含むオリジナルデータD0を得る。次に、このオリジナルデータD0から、立体モデルMDの各断面データCDj (j=1, 2, ..., m, ..., n)を作成する。これらの断面データCDjは、立体モデルMDを所定方向(通常は水平方向)に等間隔でスライスして得られる複数の断面CRj (j=1, 2, ..., m, ..., n)のそれぞれの形状と色とを表現したデータである。

【0043】この断面データCDjは、以下のような情報を含んでいる。

【0044】(1) 断面CRjの輪郭形状を規定する輪郭

形状データDa:

(2) 立体モデルMDの表面に施された彩色の位置および色に対応させて、断面CRjに彩色を施すためのリング状の彩色領域(図2の領域CLR)の画像データDb:

(3) 積層体を構成する際に、隣接する層との接着を行うために利用される接着領域(図2の領域ADR:通常は彩色領域CLRで囲まれた領域)の画像データDc:これらにおいて、彩色領域CLRは、3次元造形物の外観色に関係する領域であり、この彩色領域CLRに彩色がなされる。

【0045】一方、図2(a)に示すような矩形のシートが複数準備され、既述した断面データCDjに基づいて彩色領域CLRが彩色される。また、接着領域ADRには接着用トナーなどが付与される。なお、装置の要素配置に応じて、このような彩色と接着性トナーの付与とを、シートの表面に行うことも可能であり、裏面に行うことも可能である。

【0046】そして、彩色済シートは図2(c)のように順次に積層され、接着領域ADRの接着用トナーを利用して、隣接するシートと接着される。また、カット手段CMを利用して、断面CRjの輪郭に沿ってシートのカットを行う。

【0047】このプロセスをすべての断面CRjについて行った後、各シートの不要部分をカット線を境界として取り除くことによって、図2(d)のような積層体SKとしての3次元造形物が得られる。

【0048】この3次元造形物においては、各シートの彩色領域CLRに付与された色が表面付近に現れるため、その外観において図1(a)の立体モデルMDの形状と色とを再現したものとなっている。

【0049】<B. 第1実施形態>

<B-1. 装置の要部構成>図3は、本発明の第1実施形態の3次元造形物製造装置100を示す概略構成図である。

【0050】3次元造形物製造装置100は、透明シート1を1枚ずつ給紙する給紙部5と、給紙部5から給紙された透明シート1にカラートナーを付与して彩色を施す彩色部10と、彩色部10で彩色された透明シート1を積層しカットする造形部20とを備えている。また、データ処理部30は、所定の立体モデルのデータからその立体モデルの各断面の情報を作成し、それらの情報に基づいて上記の各部を制御する。

【0051】<給紙部5>給紙部5には、給紙トレイまたは給紙カセットに積層している複数の透明シート1が配置される。これらの透明シート1のそれぞれは矩形の平面形状を有しており、たとえば樹脂製の透明シートである。また、図示は省略しているが、給紙部5は、電子写真の複写機やプリンタで使用されている給紙機構を利用して、透明シート1を1枚ずつ彩色部10に搬送する。

【0052】<彩色部10>彩色部10は、帯電器によって帯電された後に露光器19からの光によって露光されることにより、その表面に静電潜像を形成可能な感光体ドラム18を備えている。この露光パターンは、立体モデルMDの断面データCDjに基づいて決定される。

【0053】ロータリー式現像器11は、色料の3原色であるC(シアン)、M(マゼンタ)、Y(イエロー)、W(白)の各カラートナーを有する現像器11a、11b、11c、11dと、複数の透明シート1を相互に接着するための接着用トナーを有する現像器11eとで構成されている。この接着用トナーとしては透明トナーを利用することができる。また、白のトナーに接着剤を混入して接着用に使用する場合には、白トナーによる現像器11dが接着用トナーの現像器をも兼ねることができる。この場合には現像器11eを省略することも可能であり、このようにすることによって、全体としての転写時間の短縮にも寄与する。色料の3原色の代わりに、色光の3原色であるR(レッド)、G(グリーン)、B(ブルー)のカラートナーを用いても良い。

【0054】ロータリー式現像器11には、各トナーを感光体ドラム18に与えるための複数の現像スリーブ12を備えており、その時点で選択されているひとつの現像スリーブ12が感光体ドラム18に接触可能である。

【0055】そして、感光体ドラム18に形成されている静電潜像が現像スリーブ12からのトナーによって現像され、そのトナー像はいったん中間転写ベルト13に転写された後に透明シート1に転写される。この中間転写ベルト13は、駆動用ローラ14a、従動用ローラ14b、1次転写ローラ15、支持ローラ16aによってループ状に駆動される構成となっている。

【0056】彩色部10においては、トナーの定着に使用される2つのヒートローラ17(17a、17b)が上下に配置されている。なお、トナーの定着方法としては、上記のヒートローラ17による加熱だけでなく、フラッシュ定着方式、オープン定着方式、レーザ照射による定着方式を採用しても良い。

【0057】<造形部20>造形部20は、透明シート1に彩色層が付与することによって得られた彩色済シート1Aを積み重ねる積層台21が存在する。図3においては、後述するカット処理を受けた後の彩色済シート1Aが、処理済シート1Bとしてこの積層台21の上に積層された状態が示されている。

【0058】積層台21の上方には、彩色済シート1Aの水平方向の位置決めを行うローラ22と、彩色済シート1Aを加熱するとともに加圧するヒートローラ23が配置されている。また、立体モデルMDの断面データCDjに基づいて彩色済シート1Aをカットするカット24が設けられている。このカット24は、彩色済シート1Aの表面付近を少なくとも平面方向(X、Y方向)に移動できるとともに、Z軸回りに回転自在となってい

る。また、このカット24と載置台21とは相対的に垂直方向（Z方向）にも移動可能であり、その時点で最上部にある彩色済シート1Aの表面付近に位置決めされることができる。

【0059】なお、この実施形態でのカット24は刃物を使用した力学的カットであるが、超音波を使用した超音波カットや、レーザ光（例えばCO<sub>2</sub>レーザ）を使用したレーザカットを用いても良い。これらの波動エネルギー型のカットを用いることによる利点は、超音波およびレーザ光の出力あるいは走査速度を変化させることで、異なる材質などで形成された種々の種類の透明シートや厚みに対応できることである。

【0060】また、透明シート1として光分離性材料の透明シートを用いた場合には、所定の波長領域（光分離性材料の分解特性に対応する波長領域）の光を収束させて照射することにより彩色済シート1Aをカットすることが可能となる。

【0061】＜B-2.装置の動作の概要＞図4は、3次元造形物製造装置100の動作の概要を説明するフローチャートであり、以下に示すデータ処理および制御動作は、図3のデータ処理部30に内蔵されたマイクロコンピュータによってソフト的に実行される。また、図4は、立体モデルMDの情報から透明シート1における各領域を規定する動作の説明図であり、図5は、処理済シート1B上に積層された彩色済シート1Aをカットして3次元造形物を構成作成する動作の途中の状態を説明する斜視図である。さらに、図6は、製造装置100により処理済シート1Bの積層体として製作される3次元造形物4の一例を示す図である。

【0062】図2に示すステップST1においては、図30の立体モデルMDのオリジナルデータD0から断面データCDjを作成する。図5に示すように、この断面形状データCDjは、図2の領域CLRに相当するリング状の彩色領域40の画像データと、図2の領域CLRに相当する接着領域41の画像データとを含んでいる。

【0063】このうちの彩色領域40は、3次元造形物4の外観色に関係する領域であり、この彩色領域40に彩色がなされる。

【0064】この彩色領域40は立体モデルMDの断面領域の輪郭付近に設定されていればよい。すなわち、輪郭部分に彩色を施すことで、処理済シート1Bを積層したときには、その色が処理済シート1Bの透明部分を透過して3次元造形物4の積層体の側面にも反映され、あたかも3次元造形物4の表面に彩色が施されているように見える。

【0065】ここで、ローラ24による位置決め誤差等を考慮し、彩色領域40の外側境界線40aは輪郭線42の外側になるようにしてもよい。同様に内側境界線40bは輪郭線43の内側になるようにしてもよい。

【0066】接着領域41は、複数の彩色済シート1A

を積層した状態において、隣接する彩色済シート1Aが相互に重なり合う部分（論理積部分）である。上記のように内側境界線40bが輪郭線42の内側に配置される場合には、この内側境界線40bで囲まれる部分となる。

【0067】次のステップST2では、彩色部10に搬送されてきた透明シート1につき、断面データCRjデータに応じて露光器19およびロータリー式現像器1を駆動し、電子写真と同様の静電転写により、彩色領域40には各カラートナーを付与して彩色し、接着領域41には接着用トナーを付与して現像する。透明シート1を使用するこの実施形態では、各透明シート1の下面だけにこのようなトナーの付与が行われるようになっており、各透明シート1へのトナーの付与面はそれらの下面に統一されている。なお、この彩色動作の詳細については、後に詳述する。

【0068】ステップST3では、彩色済シート1Aが1枚ずつヒートローラ17によって搬送されつつ加熱され、各トナーが定着される。ここにおいて、接着用トナーとして、彩色用カラートナーの定着温度と異なる定着温度を持つもの（例えばより低い定着温度を持つもの）を使用する場合には、先にカラートナーによる現像とヒートローラ17による定着を行い、その後に接着用トナーによる現像とヒートローラ17による定着を行うこともできる。

【0069】このようにしてトナーによる現像と定着を行った後の彩色済シート1Aは、積層台21上に搬送され、位置決めローラ22によって、これまでに彩色とカットとの処理が完了している処理済シート1Bの積層体上に位置決めされ、この積層体上に積層される。なお、ヒートローラ17によって定着後、積層前に彩色済シート1Aに帯電した静電気を除電するようにしてもよい。

【0070】ステップST4では、ヒートローラ23によって彩色済シート1Aを加熱しつつ下方に加圧することで、彩色済シート1Aの接着領域41に転写されている接着用トナーを溶かして、彩色済シート1Aの直下に積層されている処理済シート1Bに接着する。

【0071】なお、接着はヒートローラ方式による加熱、加圧だけでなく、ホットプレス方式による加熱、加圧も有効である。ヒートローラ方式やホットプレス方式においては加熱温度や加圧力が制御可能であり、透明シート1の種類やトナーの転写量、環境温度、積層枚数、積層状況などに応じて変更することができる。

【0072】次のステップST5においては、カット24が能動化され、立体モデルMDの断面CRjの輪郭の形状データに基づいて、積層接着後の彩色済シート1Aをその立体モデルMDの断面CRjの輪郭線42（図5参照）に沿ってカットする。また、輪郭線42から彩色済シート1Aの外周部まで伸びる切取線42a、42bについても、ミシン目などでカットを行っていてもよ



い。輪郭線42の外部領域43は最終的に図6の3次元造形物4を得るにあたっては不要な部分であり、後にこの外部領域43をマニュアルで除去することで処理済シート1B(図6)が得られる。

【0073】上記カットに際しては常にカット24の刃先を輪郭線42の接線方向に合わせるように動作制御することでスムーズなカットが可能となる。また、彩色済シート1Aの種類や厚みにより、カット24を透明シートに押圧する圧力、刃の移動速度を可変にすればさらにスムーズにカットできる。また、刃の突出量を変えることが可能である。

【0074】なお、切取線42a、42bのかわりに、網目状や放射状の切り込みを入れるようにしても良い。このようにすることで、当該外部領域43の除去作業が容易になる。

【0075】ステップST5の終了により1枚の透明シート1に対する一連の処理が完了し、続いて新たな透明シート1についてステップST2~ST5の動作が施される。この動作を、立体モデルMDの一連の断面CRj(j=1,2,...,n)について順次に繰り返すことによ

り、目的とする3次元造形物4が得られる。

【0076】なお、ステップST5においては、1枚の彩色済シート1Aにつき断面領域の輪郭線42形状に沿ってカットを施すごとに、透明シート1上の外周領域43を除去してもよいが、すべての彩色済シート1Aの積層とカットとが完了した後に、型抜きのようにして不要部分(外周領域43)を除去するようにしてもよい。

【0077】＜彩色原理＞図5に示す彩色領域40への彩色処理の詳細について説明する。

【0078】この実施形態では、ロータリー式現像器11により、色料の3原色であるC、M、Yのカラートナー(以下「3原色トナー」)のほかに、白のカラートナー(以下「白トナー」)を透明シート1に転写することによって透明シート1上に彩色層を形成する。

【0079】この白トナーの転写の態様としては、(1)図8(a)において後述するように、3原色トナーの空間的階調分布を形成するドット配列52の隙間に白のトナーWを転写し、3原色トナーと白トナーとの相補的な空間分布によって彩色領域40を覆い尽くす方法(したがって彩色層は1層構造)と、(2)図8(b)において後述するように、3原色トナーの転写層57と重ねて彩色領域40の全体を覆うような白のトナー層56を形成する方法(したがって彩色層は2層構造)と、の2つの方法がある。

【0080】いずれも、白トナー層の存在によって、透明シート1を透過してくる光がカットされて3原色トナーによる色調や階調性を高めるとともに、白という中立色(無彩色)の特質によって3原色トナーによる色の鮮明度を向上させる効果がある。

【0081】これらのカラートナーのうち、3原色トナ

ーは立体モデルMDの表面色に応じた「固有色」を表現するためのキャリアであり、白トナーはそのような固有色のカラーキャリアが存在しない場所に地色を与える「ベース色」のキャリアである。

【0082】以下、これらについて詳述する。

【0083】＜1層構造の彩色層＞各カラートナーのうち3原色トナーの転写パターンは、人間の視覚の積分作用を利用したディザ法や濃度パターン法などの面積階調法を利用して定めることができる。

【0084】図7は、上記の面積階調法の概念を説明する図である。この面積階調法を利用した彩色は、まず図7(a)に示すように3原色のうちの1色C(シアン)である正方形のトナーを格子状の微細なドットとして配置して転写する。各ドットは、長方形や正方形の4角が丸くなっている方形状の形状などでもよい。

【0085】次に、上記と同様に3原色のうちの残りの色であるM(マゼンタ)を図7(b)のように、Y(イエロー)を図7(c)のように転写する。図7(c)では3原色トナーC、M、Yのドットの比率は同一であり、各色に割り当てられた離散的配置位置のすべてにドットが形成されているが、実際の転写では、色調や階調に応じた配置状態となる。また、各色のトナーは混色するように重なるように転写してもよい。

【0086】図7(c)のままでは3原色トナーのドットの間の隙間部分50を通して光が透過してしまうため、所定の階調が得られなくなる。この事情は、図23で説明した通りである。そこで、図7(d)および図8(a)に示すように、隙間部分51を白色のトナーWで埋めることによって透過光Lを遮断すれば、透過光Lの影響を取り除くことができる。

【0087】また、このようにベース色である白色と、固有色を表現する3原色との相補的パターン分布で覆い尽くされるように彩色領域40上の彩色層50を構成すれば、様々な色における所定の階調を実現できるようになる。なお、このようなトナーの組合せで彩色領域40を「覆い尽くす」とは、完全に隙間無く埋め尽くすのが最良であるが、彩色領域40の全体面積に対してごく一部についてはトナーが付着していない部分があってもよい。

【0088】このように、透明シート1を使用した場合でも、立体モデルMDの表面の色のデータに対応する3次元造形物4の正確な階調性を有する彩色が可能となる。

【0089】上記の彩色方法によって得られた3次元造形物4の表面付近の状況は、図9のようになるが、この図9における各彩色層50の詳細は図8(a)のようになっている。

【0090】図9(a)は3次元造形物4におけるステップアップ部、つまり図6において上に凸な箇所Aに対応し、図9(b)は3次元造形物4におけるオーバーハ

ング部、つまり下に凸な箇所Bに対応している。図9

(a) および図9 (b) とともに、透明シート1の一方の面  
(この例では下面) からだけの彩色となっている。図9

(a) の場合、不透明なシートでは彩色層50が積層されるシートに挟まれてしまって造形物4の外観色に表れないこととなるが、本実施形態では透明シート1を用いているため、複数のシートに挟まれているにもかかわらず、透明シート1を透過して3次元造形物4の外観色を観察することができる。

【0091】＜2層構造の彩色層＞図8 (b) は、彩色領域40の全域に渡る白色トナー層56と、空間的に階調分布された3原色トナー層57との2層構造を利用する例を示す。この場合には、3原色トナー層に隙間部分51が存在してもかまわない。つまり、白色トナー層56で光Lが遮断され、かつ、3原色トナー層57の下には全面に白色が配色されているため、不透明な白色シートの場合と同様に、様々な色における所定の階調を実現できるようになる。ただし、この場合において、3次元造形物4におけるステップアップ部とオーバーハング部との双方つき表面色を観察させようとする場合には、後述するようにステップアップ部については彩色済シート1Aの反転操作を行ってから積層する。

【0092】図10は、上記の2層のトナーでの彩色を説明する図である。図10における白色トナー層56は、彩色領域40の全域に渡るベタ層であり、3原色の各色成分の空間的階調分布を構成しているトナー層57aまたは57bが、その上に重ねて配置されている。このうち、図10 (a) は3次元造形物4におけるステップアップ部に対応し、図10 (b) は3次元造形物4におけるオーバーハング部に対応している。図10 (a) と図10 (b) を比較すると、白色トナー層56と3原色トナー層57に上下位置関係が反転していることがわかる。

【0093】つまり、ステップアップ部では、各彩色済シート1Aの3原色トナー層57aは、白色トナー層56よりも上に形成される。また、オーバーハング部では、彩色済シート1Aの3原色トナー層57bは、白色トナー層56よりも下に形成する。ただし、ここにおける上下関係は、3次元造形物4を構成する積層体の積層方向を上下方向として定義している。

【0094】これは、3次元造形物4の外観色の形成に寄与する方向が異なるからである。つまり、図10

(a) においては、彩色層10が、隣接するシートに隠れないで表出するのが上向き方向UPであるのに対し、図10 (b) においては下向き方向DNであるためである。従って、白色トナー層56の2つの主面のうち表出方向UPまたはDNを向く面上に3原色トナー層57が配置されることとなる。

【0095】そして、各トナー層56、57の転写の順番は、図10 (a) の場合には、まず図11 (a) のよ

うに3原色C、M、Yのトナーのドットを空間分布させて格子状に配置して透明シート1上に転写した後、図11 (b) のように白色のトナーWの層を転写する。

【0096】また、図10 (a) の場合には、まず図12 (a) のように白色Wのトナーを転写した後、図12 (b) のように3原色C、M、Yのトナーのドットを空間分布させて格子状に配置して転写する。この図12 (b) では3原色C、M、Yのトナーのドットと白色のトナーWのドットとが同一平面にあるように見えるが、実際には白色のトナー層の上に3原色C、M、Yのトナー層が乗っている。

【0097】これらの転写については透明シート1へ直接転写してもよいが、本実施形態の製造装置100では、中間転写体13に対してトナー2層の転写を行い、中間転写体11上のトナー2層を透明シート1に転写する。これにより、効率的な転写が可能となる。

【0098】ところで、中間転写体13に白色トナー層56と3原色トナー層57a (57b) とを形成してから透明シート1に一括して転写する場合には、中間転写体13に対する白色トナー層56と3原色トナー層57a (57b) との転写順序は上記とは逆になることに注意する必要がある。すなわち、図3からわかるように、中間転写体13は無端ベルト状とされているため、その下方で感光ドラム18から順次に転写を受けた各トナー層の上下関係と、上方に回転移動してそれらを一括して透明シート1に転写する際の各トナー層の上下関係とは逆転する。したがって、図3のような中間転写体13を使用して複数の層からなるトナー層を一括して透明シート1に転写する場合には、感光ドラム13から中間転写体13への転写順序は、図10 (a) のようなステップアップ部の場合は、3原色トナー層の転写の後に白トナー層の転写を行う順序であり、図10 (b) のようなオーバーハング部の場合は、白トナー層の転写の後に3原色トナー層の転写を行うという順序である。

【0099】＜B-3. 装置の具体的彩色動作＞図13は、3次元造形物製造装置100の彩色動作を説明するフローチャートである。図13のフローチャートは、図4のフローチャートのステップST2に対応する。

【0100】まず、ステップST11では、彩色層を1層構造にするか2層構造にするかの判定を行う。ひとつの装置100についてはこれらのうちの一方だけを達成するような専用の装置として構成してある場合はこの判断は不要であるが、ここでは、装置100が、オペレータの選択によっていずれでも動作可能であるように構成されている場合について説明する。この選択は、オペレータのスイッチ操作によって行うことができる。

【0101】＜1層構造の彩色層の場合＞彩色層を1層構造とする場合には、3原色トナーと白トナーの付与順序に特に制限はない。したがって、ステップST12において立体モデルMDの各断面を記述した断面データC

Dj うちの最初のデータを参照し、立体モデルMDのその断面位置における断面形状と外観色に応じて、露光器 19 が感光体ドラム 18 の表面に第 1 の色成分 (C、M、Y、W のいずれか) の露光パターンを与える。たとえば第 1 成分が C 成分であるときには、ロータリー式現像器 11 内のカラートナーについての 4 つの現像器 11 a、11 b、11 c、11 d から、C 成分に相当する現像器 11 a を選択して駆動し、それが感光体ドラム 18 に接触するよう上方位置になるまで、ロータリー式現像器 11 を回転させて、感光体ドラム 18 の表面に C 成分のトナーを付与して現像する。この C トナー像は中間転写ベルト 13 に転写される。

【0102】以後、第 2 ～第 4 の色成分 (たとえば M、Y、W) について順次に露光と現像が行われ、中間転写ベルト 13 に転写され、図 6 (d) に相当する状態が得られる。

【0103】さらに、接着領域 41 の範囲が感光体ドラム 18 に露光記録され、この感光体ドラム 18 上に現像器 11 e から接着用トナーを与えてその静電潜像を現像して中間転写ベルト 13 に転写される。

【0104】このとき、透明トナーまたは白のトナーを接着用に使用することにより、接着領域 41 に接着用トナーを付与したときに、透明シート 1 を介して接着領域 41 のトナーが彩色領域 40 に裏写りすることを防止できる。これについては、透明シート 1 を使用した他の方法においても同様である。

【0105】その後のステップ ST 16 においては中間転写ベルト 13 を作動させ、ベルト 13 上の複合トナー層を透明シート 1 に転写する。ここでは、2 次転写ローラ 16 b と支持ローラ 16 a との間に透明シート 1 とトナーが転写された中間転写ベルト 13 を挟むことで、各トナーが透明シート 1 に静電転写される。次に、ヒートローラ 17 で、透明シート 1 に静電転写されたトナーを加熱し、透明シート 1 に定着させる。そして、トナーが定着することによって得られた彩色済シート 1 A は造形部 20 に搬送される。

【0106】＜2 層構造の彩色層の場合＞一方、2 層構造の彩色層を作成する場合には、ステップ ST 13 において断面データ CDj を参照し、その断面が積層体のステップアップ部に属するか、オーバーハング部に属するかを知る。この目的のために、断面データ CDj には、その断面が積層体のステップアップ部に属するか、オーバーハング部に属するかを示すフラグをあらかじめ与えておく。ただし、積層体のうち垂直に伸びる部分については、擬似的にステップアップ部かオーバーハング部かのいずれかに属するように決めておく。

【0107】ステップアップ部の場合には、図 10

(a) で説明したように白トナー層 57 a を 3 原色トナー層 56 よりも下側 (ここでの例ではその彩色層が付される透明シート 1 に近い側) に配置する必要がある。中

間転写ベルト 13 を介した転写では上下が逆になることを考慮すると、これは、ステップ ST 14 に示すように白トナー像を先に作成して中間転写ベルト 13 に転写して図 11 (a) の状態を得た後に、3 原色トナー像を順次に作成して中間転写ベルト 13 に転写するプロセスによって達成される。その後、接着用トナーの転写を行う。3 原色トナー C、M、Y の相互の転写順序は任意であり、接着用トナーの転写をいつ行うかも任意である。ただし、接着用トナーとして白トナーを使用する場合には、彩色領域 40 への白トナーの転写と同時に接着領域 41 への白トナー転写も行われる。この事情は以下の説明における接着用トナーの転写において同様である。そして、これらにより、図 10 (a) に相当する彩色済シート 1 A が得られる。

【0108】オーバーハング部の場合には、図 10

(b) で説明したように白トナー層 57 a を 3 原色トナー層 56 よりも上側 (ここでの例ではその彩色層が付される透明シート 1 から遠い側) に配置する必要がある。したがって、上記と同様に中間転写ベルト 13 を介した転写では上下が逆になることを考慮して、ステップ ST 15 に示すように 3 原色トナー像を順次に作成して中間転写ベルト 13 に転写した後に、白トナー像を作成して中間転写ベルト 13 に転写する。3 原色トナー C、M、Y の相互の転写順序は任意であり、接着用トナーの転写をいつ行うかも任意であることは、ステップアップ部と同様であり、これらを通じて、図 10 (b) に相当する彩色済シート 1 A が得られる。

【0109】そして、ステップアップ部とオーバーハング部とのいずれの場合もステップ ST 16 を経て造形シート 4 の積層体を得ることができる。

【0110】以上のような彩色領域 40 への彩色によって、立体モデルの表面の色のデータに対応する 3 次元造形物 4 の正確な階調性を有する彩色が可能となる。

【0111】＜C. 第 2 実施形態＞

＜C-1. 第 2 実施形態：装置の要部構成＞図 14 は、本発明の第 2 実施形態の 3 次元造形物製造装置 150 を示す概略構成図である。第 2 実施形態の装置 150 は、不透明な色を有するカラーシート 2 を利用する場合の装置であり、第 1 実施形態の装置 100 に対してシート反転部 35 を追加した構成となっている。

【0112】このシート反転部 35 は、彩色部 10 で彩色されたシート 2 の表裏を反転させて造形部 20 に搬送するものであり、図示しないシート搬送機構によって、シート 2 は反転部 35 の出入り経路 36 a と主経路 36 b とを選択可能である。

【0113】＜彩色原理＞次に、この 3 次元造形物製造装置 150 の動作について説明する。製造装置 150 の基本動作は第 1 実施形態の製造装置 100 と同じであり、図 4 のフローチャートに示す動作を行い、第 1 実施形態における彩色済シート 1 A のかわりに、カラーシー

トを母材とする彩色済シート2A(図14)が得られ、それを積層してカットして処理済シート2Bの積層体を得る。そして、その積層体の不要部分を除去することにより、所望の3次元造形物が得られる。

【0114】ところで、カラーシート2を利用する場合には、上記の透明シート1を用いる場合と類似の事情がある。すなわち、図23において透明シート1のかわりに不透明のカラーシートを使用した場合には、格子状に配置された3原色C、M、Yの各トナーでの彩色がない隙間部分51からカラーシートの地色が露出する。立体モデルMDの配色は、シートの地色が特定の色(以下「基準色」。典型的には白)であることを前提としているため、カラーシートの色が基準色と異なる場合には、所望の階調が得られないこととなる。

【0115】そこで、透明シート1の彩色方法と同様に、図7(d)のように、この隙間部分51を白色のトナーWで彩色し、彩色領域を白色トナーと3原色のトナーとで覆い尽くすようにする。これによって、あたかも白色シートに3原色で彩色するかのように様々な色における所定の階調を実現できるようになる。具体的な彩色方法は以下で述べる。

【0116】上記の彩色方法による3次元造形物への彩色は、図15のようになる。図15における彩色層60a、60bは、白色と3原色とのトナーの空間的な組合せ分布からなる1層構造であり、彩色領域40を覆い尽くすような構成となっている。図15(a)は図6の3次元造形物4におけるステップアップ部Aに対応し、図15(b)は3次元造形物4におけるオーバーハング部Bに対応している。図15(a)と図15(b)を比較すると、カラーシート2と彩色層57との上下関係が反転していることがわかる。これは、カラーシート2は不透明であり、図15(a)においては、彩色領域40における彩色が、隣接するシートに隠れないで表出するのが上方向UPであるのに対し、図15(b)においては下方向DNであるためである。従って、ステップアップ部であるかオーバーハング部であるかに応じて、カラーシート2の2つの主面のうち表出方向UPまたはDNを向く面上に彩色層60が配置される必要がある。

【0117】このように、第1実施形態における透明シート1の彩色では、透明部での色の透過を利用できるためシート1の一方の面への彩色で十分であったが、カラーシート2の彩色では、3次元造形物4がステップアップ部とオーバーハング部との双方を含み、かつそれらの表面色をいずれも観察させたいときには彩色面の切り替えが必要になる。この場合には、シート反転装置35にカラーシート2を送り、カラーシート2を表裏反転させて造形部20にて積層する。

【0118】また、彩色方法としては、第1実施形態と同様、図16のように彩色領域の全域に渡る白色トナーの層62と、空間的に階調分布配させた3原色のトナー

の層63の2層構造の彩色層50で彩色するようにしても良い。この場合も、3次元造形物4の種々の形状に対応するためには、シート反転装置35にカラーシート2を送り、シート2を表裏反転させて造形部20にて積層することが好ましい。

【0119】<C-2.装置の具体的動作>次に、製造装置150による彩色動作を説明する。図17は、3次元造形物製造装置150の彩色動作を説明するフローチャートで、図4のフローチャートのステップST2に対応している。

【0120】図17のフローチャートを図13のフローチャートと比較すればわかるように、図17のステップST21、ST22およびST26は、それぞれ図13のステップST11、ST12およびST16に対応しており、異なるのは透明シート1を使用するかカラーシート2を使用するかである。このため、これらのステップST21、ST22およびST26についての説明は省略する。

【0121】図17のステップST21において2層構造と判定されたときには、ステップST23において、空間的に階調分布させた3原色トナー層を中間転写ベルト13に転写した後に、彩色領域40に相当する範囲についての白トナーのベタ層を転写する。透明の接着トナー層をどの時点で転写するかは任意である。

【0122】1層構造および2層構造のいずれの場合においても、ステップST26を経た後のステップST101において、立体モデルMDの断面データCDjを参照することにより、その時点で処理中の断面がステップアップ部に属しているか、オーバーハング部に属しているかが判定される。

【0123】オーバーハング部に属している場合には図16(b)のように彩色層は下向きのみでよいので、彩色済シート2Aの反転を行わずに積層台21に搬送して積層する。

【0124】処理中の断面が積層体のステップアップ部に属している場合には、図14に示す経路36aを通り、彩色済シート2Aをシート反転部35で反転させ(ステップST102)、その後、造形部30に搬送する。

【0125】以上のような動作によって、カラーシート2を使用した場合においても、立体モデルMDの表面の色のデータに対応する3次元造形物4の正確な階調性を有する彩色が可能となる。

【0126】<D.第3実施形態>上記の第1と第2の実施形態の装置は、透明シート1あるいはカラーシート2を使用して、その上に彩色層を形成するようになっている。ところで、このいずれの実施形態の装置においても、白トナー(一般にはベース色のカラーキャリア)と、3原色トナー(一般には立体モデルの固有色を表現する1または複数のカラーキャリアー)との組合せによ



って、彩色領域 4 0 を覆い尽くすようになっている。また、接着領域 4 1 の全域は接着用トナーで覆われている。したがって、これらの領域 4 0、4 1 の組合せからなる全領域は各種のトナーで板状に密に覆われていることになり、これらのトナー層を支持するシートがなくても積層体を形成できるということになる。

【0127】そこで、本発明の第 3 実施形態は、シートを使用せずに 3 次元造形物を作成するように構成する。

【0128】＜D-1. 装置の要部構成＞図 1 8 は、本発明の第 3 実施形態の 3 次元造形物製造装置 2 0 0 を示す概略構成図である。

【0129】この 3 次元造形物製造装置 2 0 0 は、トナーで彩色を施す彩色部 1 0 A と、トナーを積層する造形部 2 0 A と、立体モデル MD の各断面情報に基づいて記録画像を生成するとともに各部の制御を行うデータ処理部 3 0 A とを備えている。

【0130】彩色部 1 0 A は、第 1 実施形態の製造装置 1 0 0 における 2 つのヒートローラ 1 7 を除く彩色部 1 0 と同様の構成である。また、彩色部 1 0 A は、少なくとも X、Y 方向に移動できるものである。

【0131】また、造形部 2 0 A は、彩色部 1 0 A にて彩色されたトナー層 7 を積み重ねる積層台 2 1 およびトナー層 7 をレーザ光で凝結させるレーザ照射装置 7 0 を備えている。レーザ照射装置 7 0 は、レーザ光を X、Y 方向に走査することで処理済みトナー層 7 S 上のトナー層 7 の所定の領域を凝結させる。

【0132】なお、第 2 実施形態の製造装置 2 0 0 は、第 1 実施形態の製造装置 1 0 0 に比べ、給紙機構やカット等の設備が不要であり、装置を簡素化できる。

【0133】＜D-2. 装置の動作＞図 1 9 は、3 次元製造装置 2 0 0 の基本動作を説明するフローチャートであり、図 2 0 は、製造装置 2 0 0 による彩色の例を示す図である。

【0134】第 1 実施形態と同様に、3 次元 CAD データ、あるいは 3 次元形状計測器などによって得られた立体モデル MD の 3 次元形状データおよび色データを含むオリジナルデータ D0 から、図 1 7 に示すステップ S T 3 1 において、立体モデルの各断面での形状データおよび色データを含んだ断面データ C D j を作成する。

【0135】次に、ステップ S T 3 2 では、彩色部 3 0 A が積層台 2 1 上の処理済みトナー層 7 S の上方に移動し、上記断面データ C D j に従って処理済みトナー層 7 S の上のエリア内に彩色領域 7 5 および接着領域 7 6 に静電転写によりカラートナーで彩色する。

【0136】ここで、オーバーハング部を有する 3 次元造形物である場合、つまり、転写される彩色領域 7 5 より、その上に転写される彩色領域が大きい場合には、上の彩色領域を支持できるようにダミーとなるトナーを彩色領域 7 5 の外側に転写する。ステップ S T 3 2 の詳細は、図 1 3 に示す第 1 実施形態のフローと同様になる。

なお、彩色方法の詳細については、後述する。

【0137】ステップ S T 3 3 では、レーザ照射装置 7 0 からのレーザ光を走査して、上記の彩色領域 7 5 および接着領域 7 6 を凝結して、直下のトナー層と接着する。ここでは、ステップ S T 3 2 で転写したトナー層の 1 層分の処理を行うのが好ましい。

【0138】ステップ S T 3 3 の終了によりトナー層 1 層分に対する一連の処理が完了し、続いて新たなトナー層についてステップ S T 3 2 ～ S T 3 3 の動作が施される。この動作を、立体モデルの全ての断面データ C D j について繰り返し行い、まだ粉体状態のままのダミーのトナーを最後にマニュアルで除去することによって、目的とする 3 次元造形物が得られる。

【0139】＜彩色の詳細＞カラートナー自身を積層することで 3 次元造形物を形成する第 3 実施形態の場合の 3 次元造形物への彩色状態は図 2 0 のようになる。図 2 0 (a) における彩色層 7 7 は、第 1 実施形態と同様に彩色領域 4 0 を白色トナーと 3 原色トナーとの組合の 1 層構造で覆い尽くすような構成となっている。また、図 2 0 (b) に示すように、彩色領域 7 5 の全域に渡る白色トナーの層 7 8 と、空間的に階調分布させた原色のトナーの層 7 9 の 2 層で彩色するようにしても良い。

【0140】以上のような彩色領域 7 5 への彩色によって、立体モデルの表面の色のデータに対応する造形物の正確な階調性を有する彩色が可能となる。

【0141】このような第 3 実施形態の原理に基づく 3 次元造形物の製作には、熱や光などの作用によって凝結する粉体状またはペースト状（半練り状）のカラーキャリアを使用することができる。この第 3 実施形態においてカラーキャリアとして使用したトナーは、このようなキャリアの代表的なものであるが、ペースト状のカラーキャリアの場合には、積層体の上にプリントするような形でカラー層および接着層を形成することが好ましい。

【0142】＜E. 他の実施形態および変形例＞

◎第 1 実施形態の製造装置 1 0 0 では、積層前にシートの彩色を行っているが、積層後に彩色を行っても良い。この装置は、図 2 1 のようになる。図 2 0 の装置 1 0 0 A では、積層後に彩色するため彩色部 1 0 B が少なくとも X、Y 方向の移動が可能である。そして、透明シート 1 を積層台 2 1 に積層した後、彩色部 1 0 B が積層台 2 1 の上方に移動し、シートに彩色が施される。この場合、トナーの転写面は、シート 1 の上面となる。

【0143】◎第 1 および第 2 実施形態の製造装置 1 0 0、1 5 0 では、彩色にトナーを使用しているが、図 2 2 のようにインクで彩色するようにしても良い。図 2 2 に示す製造装置 1 0 0 B では、第 1 実施形態のロータリー式現像器 1 1 の代わりにインクジェット装置 9 0 が設けられている。このインクジェット装置 9 0 から各色（Y、M、C、W）のインクをシートに付着させて彩色を行う。この製造装置 1 0 0 B では、第 1 実施形態の製

造装置100に比べ、装置をコンパクトにできる。

【0144】◎上記の各実施形態ではベース色として白を使用した。淡い色などの他の色をベース色として使用することもできる。また、グレーや黒などの白以外の無彩色についても、その存在を前提として立体モデルの表面色を定めておけばよい。そのような無彩色をベース色として採用してもよい。

【0145】カラーシートを使用する場合には、ベース色はカラーシートと異なる色であればよい。たとえば、青のカラーシートを使用する場合において、立体モデルの表面色も青である場合には3次元造形物の階調を表現しにくい。ベース色として青以外の色を使用すれば、青の階調の変化を視認させることが比較的容易である。

【0146】◎立体モデルの表面色に相当する固有色の表現に3原色を使用するとフルカラーでの表現が可能になるが、ベース色と異なる色であれば任意の数の色を使用できる。たとえば、ベース色として白を使用する場合、赤のカラーキャリアを使用すればその空間的階調分布によって白からピュアな赤までを表現できるが、その中間階調（ピンク色）での階調表現が正確になる。また、トナーの濃淡画像によって階調表現を行うこともできる。

【0147】◎上記実施形態では彩色層として1層または2層構造のものを示したが、3層以上であっても、彩色領域を実質的に覆い尽くすのであればこの発明の範囲に含まれる。

【0148】◎第1実施形態の場合、1枚ずつ処理できるカットシートを用いているが、連続シートを用いてもよい。

【0149】◎第1および第2実施形態の3次元造形物4（図5）は、それぞれのシートの厚みが等しいが、断面形状に応じてシートの厚みを変えてもよい。この場合、給紙部5に異なる厚さの種類のシートを備えておく。

【0150】◎各実施形態の造形物の積層においては、積層高さを計測できる計測器を設け積層の途中、積層高さを適宜計測して断面データの作成にフィードバックすることにより、より正確な造形物の作成が可能となる。

【0151】◎各実施形態のトナーにおいては、Bk（ブラック）トナーを別途に加えてもよい。この場合、有彩色のカラートナーの消費を抑え、文字などのエッジのはっきりした鮮明な黒を表現するのに有効である。

【0152】◎第1および第2実施形態のシートの接着については、静電吸着により仮接着を行い、数枚ごと若しくは積層の最後一括して加熱、加圧接着してもよい。これにより、より速い造形物の作成が可能となる。

【0153】◎接着領域41は、その全面に接着用のトナーを転写するのは必須でなく、所定の接着強度が得られれば、部分的な接着でもよい。

【0154】◎第2実施形態の製造装置150において、シート反転部35を設ける替わりに、現像器11および中間転写体13等をもう一つ設けて、カラーシート2の両面への転写を行うようにしてもよい。この場合には、シート2の反転が不要となる。

【0155】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明の方法によれば、透明なシートに対し、所定のベース色と立体モデルの表面色に応じた固有色と組合せによって覆い尽された彩色層で彩色を施すため、階調の再現の外乱となる光の彩色層の透過を抑制できる。その結果、立体モデルの表面色における階調性を正確に再現できる3次元造形物が得られる。

【0156】また、請求項2および請求項7の発明の方法によれば、ベース色が白であるため、立体モデルの表面色における階調性を特に容易に再現できる。

【0157】また、請求項3の発明の方法によれば、彩色層は、ベース色のベタ層として形成された第1層と、固有色に対応する色要素の空間的階調分布からなり、前記第1層に重ねて形成された第2層とを含むように構成されるため、階調の再現の外乱となる光の彩色層の透過を抑制できる。その結果、立体モデルの表面色における階調性を正確に再現できる3次元造形物が得られる。

【0158】また、請求項4の発明の方法によれば、処理中シートが積層体のステップアップ部の場合とオーバーハング部の場合とで、ベース色のベタ層として形成された第1層と固有色に対応する第1層に重ねて形成された第2層との配置を反転している。その結果、この方法によって得られる3次元造形物においては、立体モデルの形状に応じて正確に階調性を再現できる。

【0159】また、請求項5および請求項9の発明の方法によれば、彩色層は、固有色に対応する色要素の空間的階調分布と、空間的階調分布の隙間を埋めるように配置されたベース色との相補的パターン分布によって形成されているため、階調性を豊かに再現できる。また、彩色層を形成するにあたって各カラーキャリアの形成順序に制限が少ない。

【0160】また、請求項6の発明の方法によれば、不透明なシートにおける所定色とは異なるベース色と前記立体モデルの表面色に応じた固有色と組合せによって覆い尽された彩色層で彩色を施すため、階調の再現の外乱となる所定色の発色を抑制できる。その結果、立体モデルの表面色における階調性を正確に再現できる3次元造形物が得られる。

【0161】また、請求項8の発明の方法によれば、彩色層は、不透明なシートにおける所定色と異なるベース色のベタ層として各シート上に形成された第1層と、固有色に対応する色要素の空間的階調分布からなり、第1層の上に重ねて形成された第2層とを含んで構成されるため、階調の再現の外乱となる所定色の発色を抑制でき

る。その結果、立体モデルの表面色における階調性を正確に再現できる3次元造形物が得られる。

【0162】また、請求項10の発明の方法によれば、所定のベース色の第1のカラーキャリアと、立体モデルの表面色に応じた固有色を表現する第2のカラーキャリアとの空間的分布によって前記彩色領域を覆い尽くすため、階調の再現の外乱を抑制できる。その結果、立体モデルの表面色における階調性を正確に再現できる3次元造形物が得られる。

【0163】また、請求項11の発明の方法によれば、固有色が、3原色を含む複数の色要素の空間的階調分布で表現されているため、それによって得られる3次元造形物においてフルカラー表示が可能であって、視覚的な表現性が特に高い。

【0164】また、請求項12の発明の方法によれば、シート相互の接着が白のカラーキャリアを使用して行われるため、使用するカラーキャリアの種類を減少できるとともに3次元造形物の製造のために要する時間も短縮される。特に、透明シートについて白のカラーキャリアを接着用に使用した場合には、その透明シートの内部を通したの裏写りが防止できる。

【0165】また、請求項13の発明の装置は、各シートの彩色領域に白のカラーキャリアと白以外のカラーキャリアとを付与して彩色することが可能とされているため、請求項2および請求項7の方法発明の実施に好適な装置となっている。

【0166】また、請求項14の発明の装置は、請求項3、請求項4および請求項8の方法の実施に好適な装置となっている。

【0167】また、請求項15の発明の装置は、請求項5および請求項9の方法発明の実施に好適な装置となっている。

【0168】また、請求項16の発明の装置は、請求項10の方法発明の実施に好適な装置となっている。

【0169】また、請求項17ないし請求項21の発明は、上記の各方法発明で製造される3次元造形物として、階調などの再現性が優れているという利点を有している。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】積層体によって3次元造形物を製作する原理を示す図である。

【図2】積層体によって3次元造形物を製作する原理を示す図である。

【図3】本発明の第1実施形態に係る3次元造形物製造装置100を示す概略構成図である。

【図4】3次元造形物製造装置100の基本動作を説明するフローチャートである。

【図5】立体モデルの断面形状と彩色領域との関係を示

す図である。

【図6】3次元造形物の一例を示す図である。

【図7】3次元造形物への彩色を説明する図である。

【図8】透明シート1における光の影響を説明する概念図である。

【図9】3次元造形物への彩色を説明する図である。

【図10】3次元造形物への彩色を説明する図である。

【図11】3次元造形物への彩色を説明する図である。

【図12】3次元造形物への彩色を説明する図である。

【図13】3次元造形物製造装置100の彩色動作を説明するフローチャートである。

【図14】本発明の第2実施形態に係る3次元造形物製造装置150を示す概略構成図である。

【図15】3次元造形物への彩色を説明する図である。

【図16】3次元造形物への彩色を説明する図である。

【図17】3次元造形物製造装置100の彩色動作を説明するフローチャートである。

【図18】本発明の第3実施形態に係る3次元造形物製造装置200を示す概略構成図である。

【図19】3次元造形物製造装置200の基本動作を説明するフローチャートである。

【図20】3次元造形物への彩色を説明する図である。

【図21】本発明の他の実施形態に係る3次元造形物製造装置100Aを示す概略構成図である。

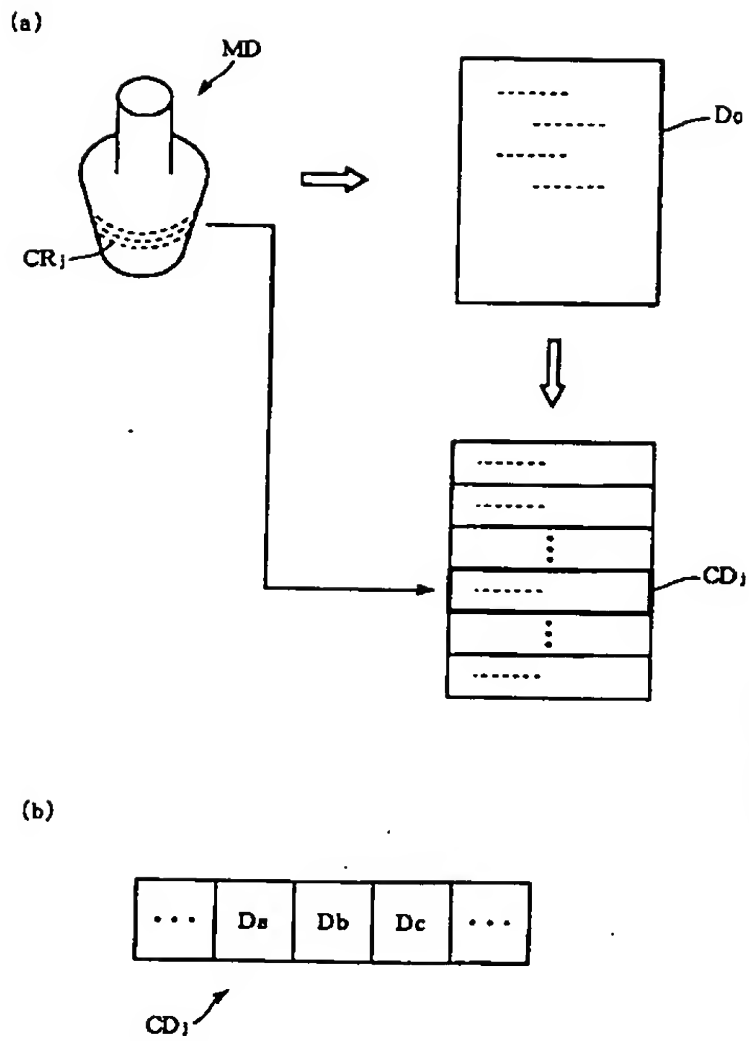
【図22】本発明のさらに他の実施形態に係る3次元造形物製造装置100Bを示す概略構成図である。

【図23】透明シートを使用した場合の光の透過の影響を説明する図である。

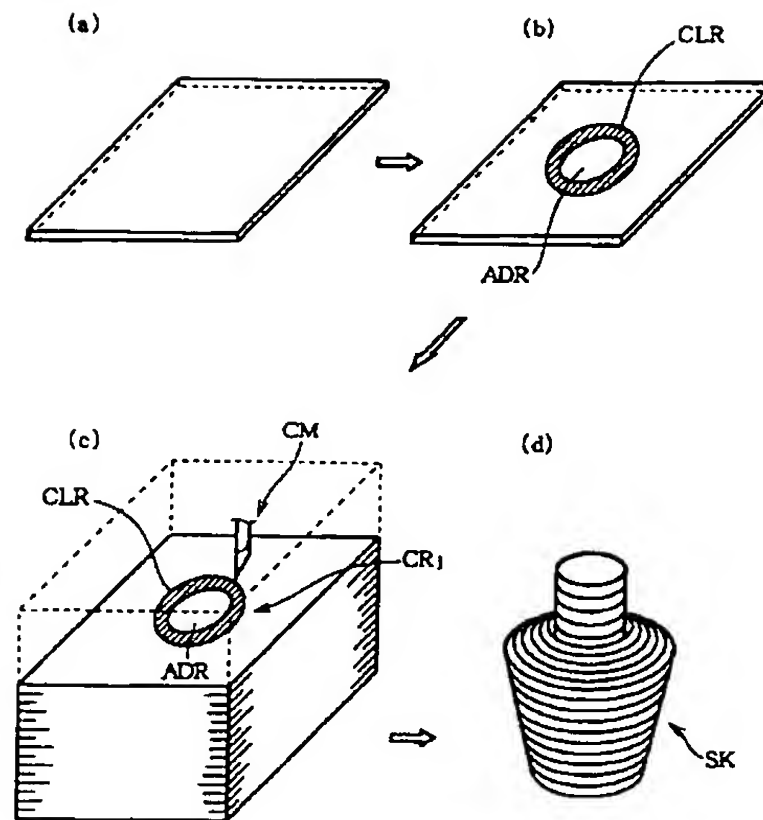
#### 【符号の説明】

- 1 透明シート
- 2 カラーシート
- 4 3次元造形物
- 10 彩色部
- 11 ロータリー式現像器
- 19 露光器
- 24 カッタ
- 35 シート反転部
- 40 彩色領域
- 41 接着領域
- 42 輪郭線
- 50 間隙部分
- 55、60、70 彩色層
- 56、62、78 白色トナー層
- 57、63、79 3原色トナー層
- 70 レーザ照射装置
- 90 インクジェット装置
- MD 立体モデル

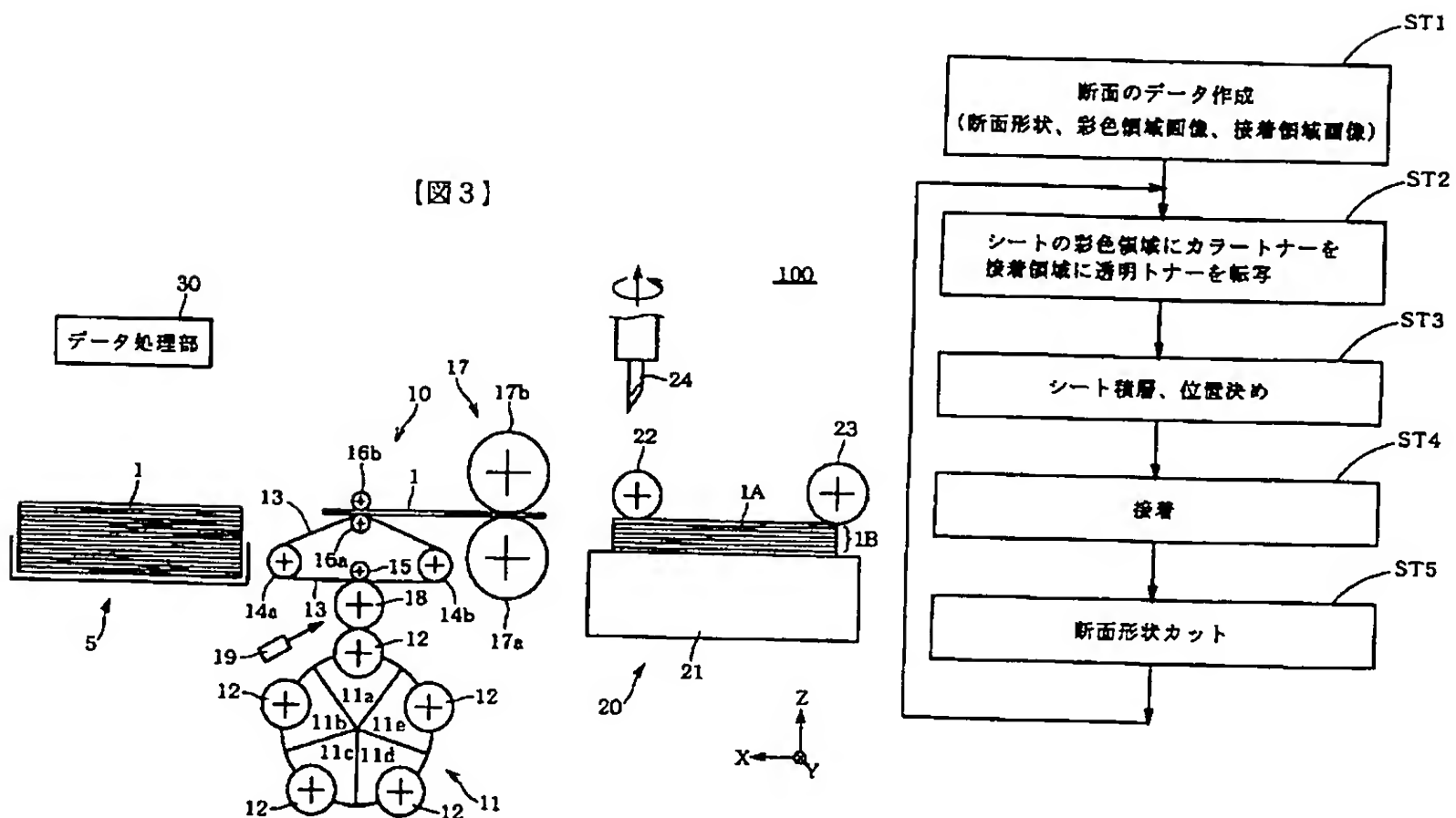
【図1】



【図2】

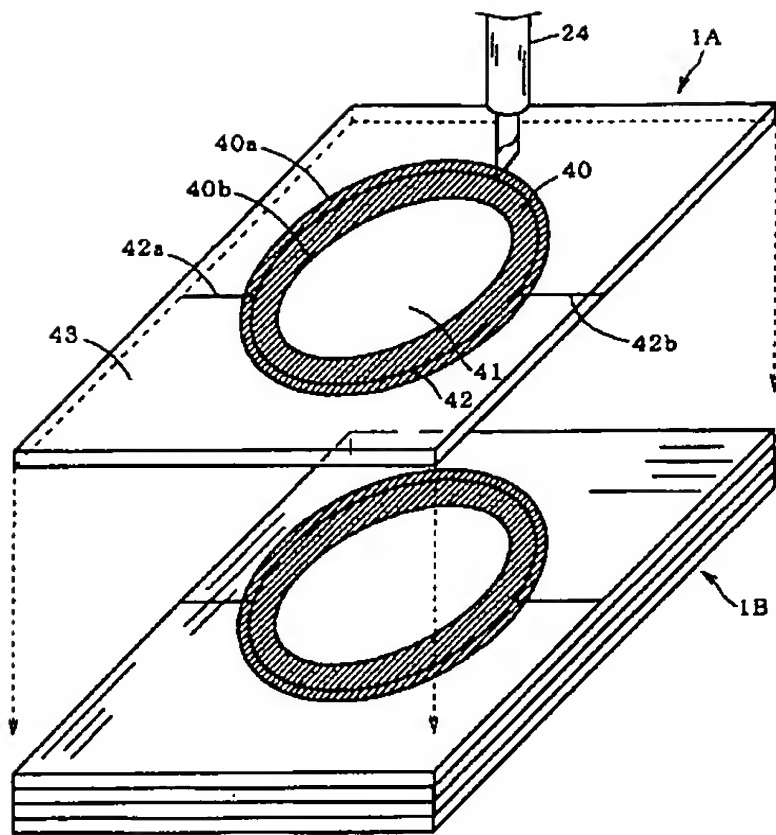


【図4】

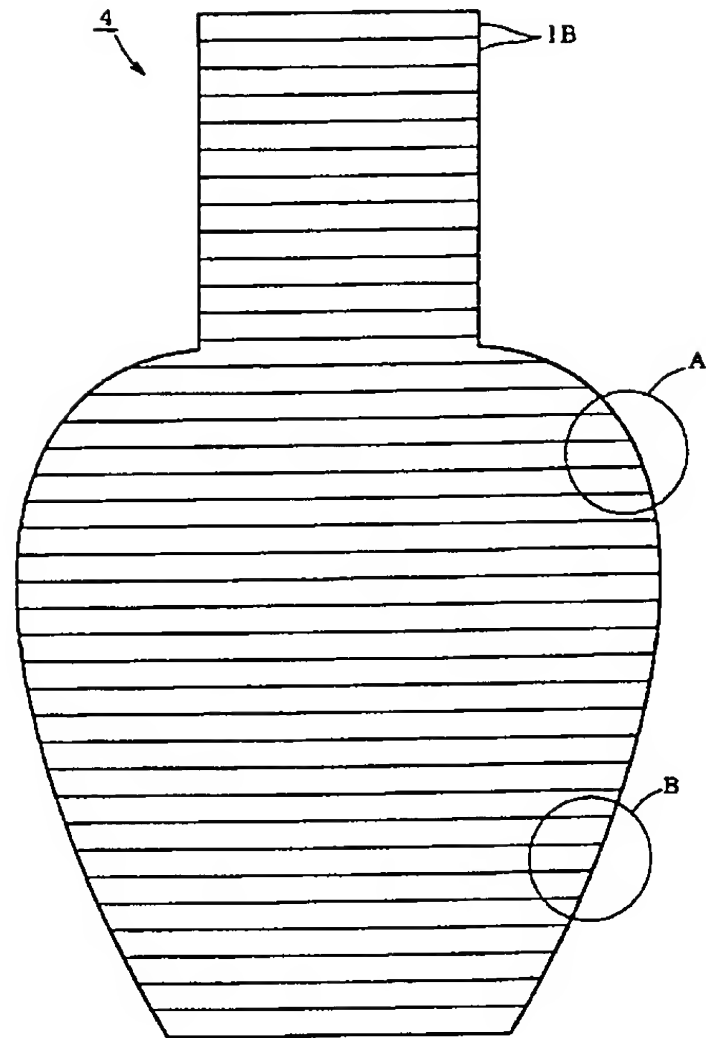




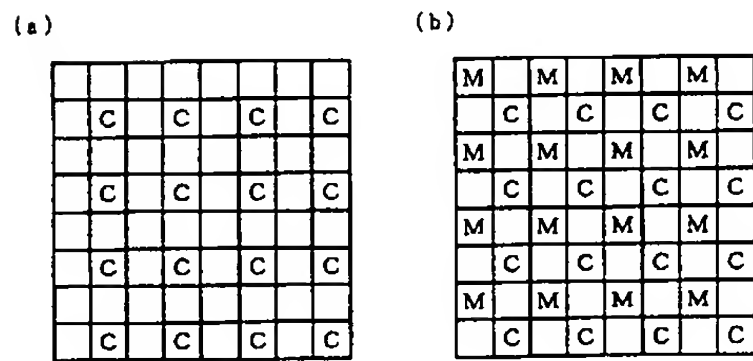
【図5】



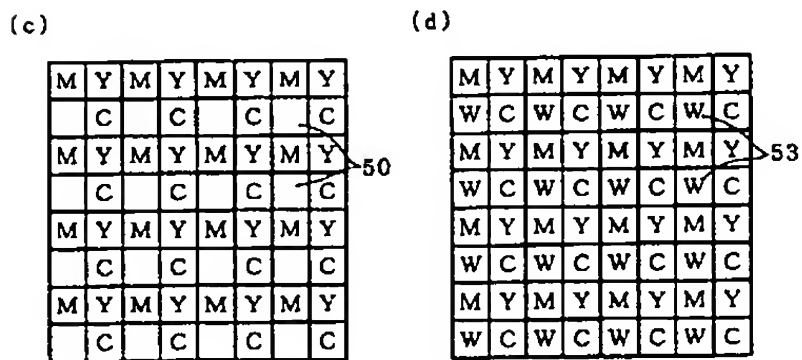
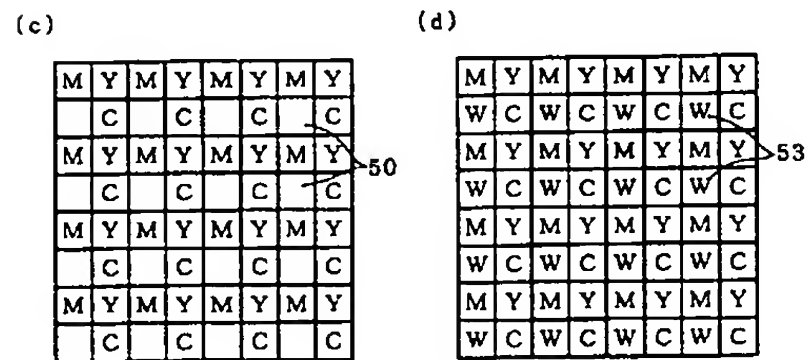
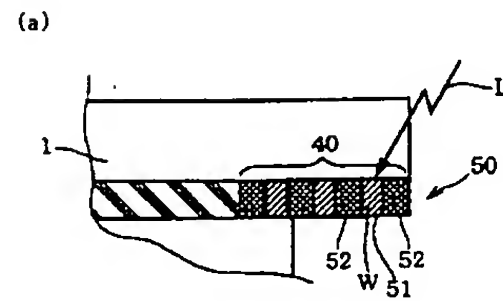
【図6】



【図7】

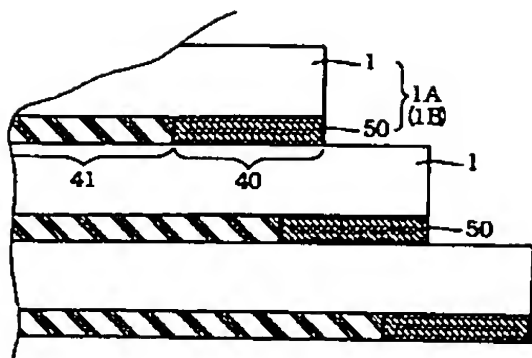


【図8】

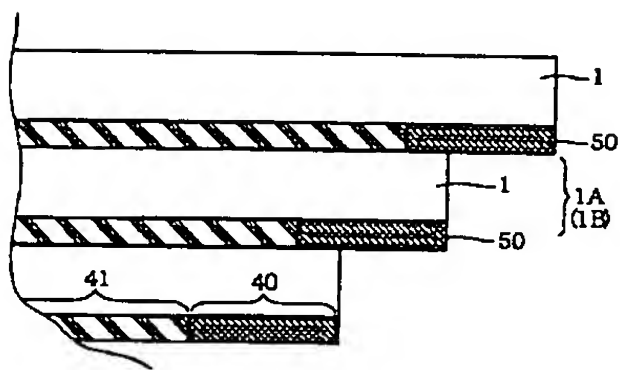


【図9】

(a)

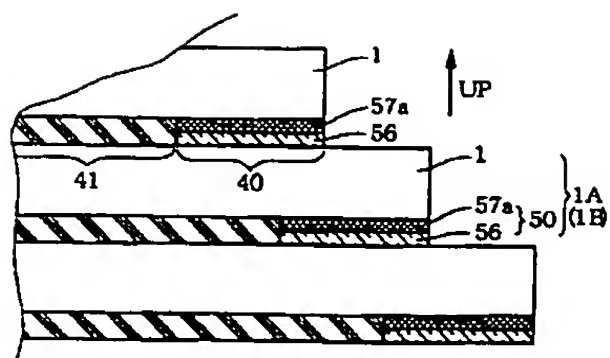


(b)

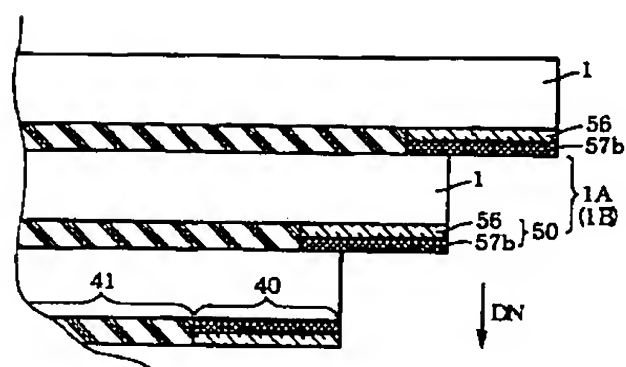


【図10】

(a)



(b)



【図11】

(a)

Y	M	Y	M	Y	M	Y	M
C		C		C		C	
Y	M	Y	M	Y	M	Y	M
C		C		C		C	
Y	M	Y	M	Y	M	Y	M
C		C		C		C	
Y	M	Y	M	Y	M	Y	M
C		C		C		C	

(b)

W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W

【図12】

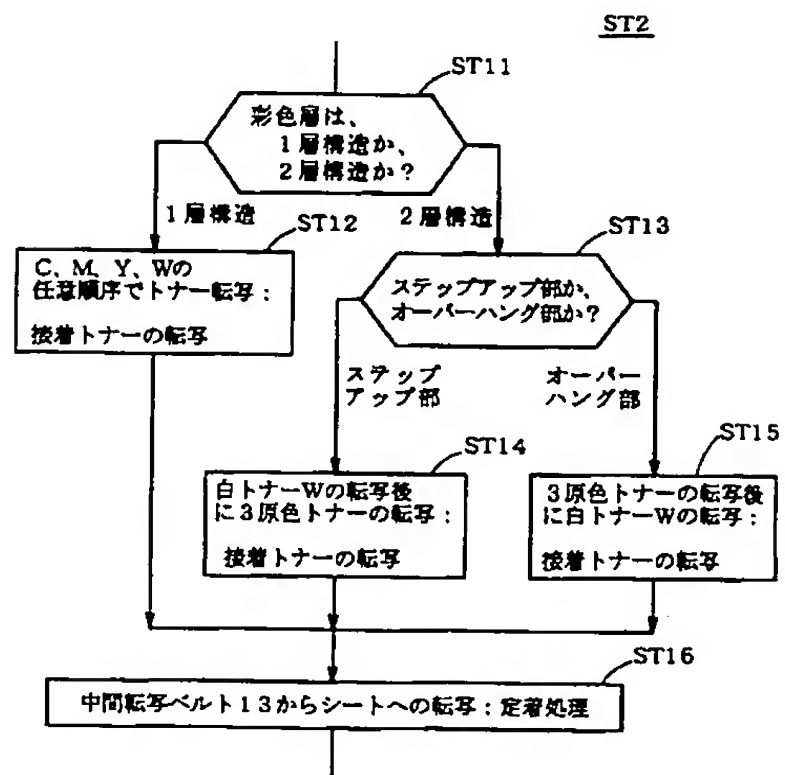
(a)

W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W

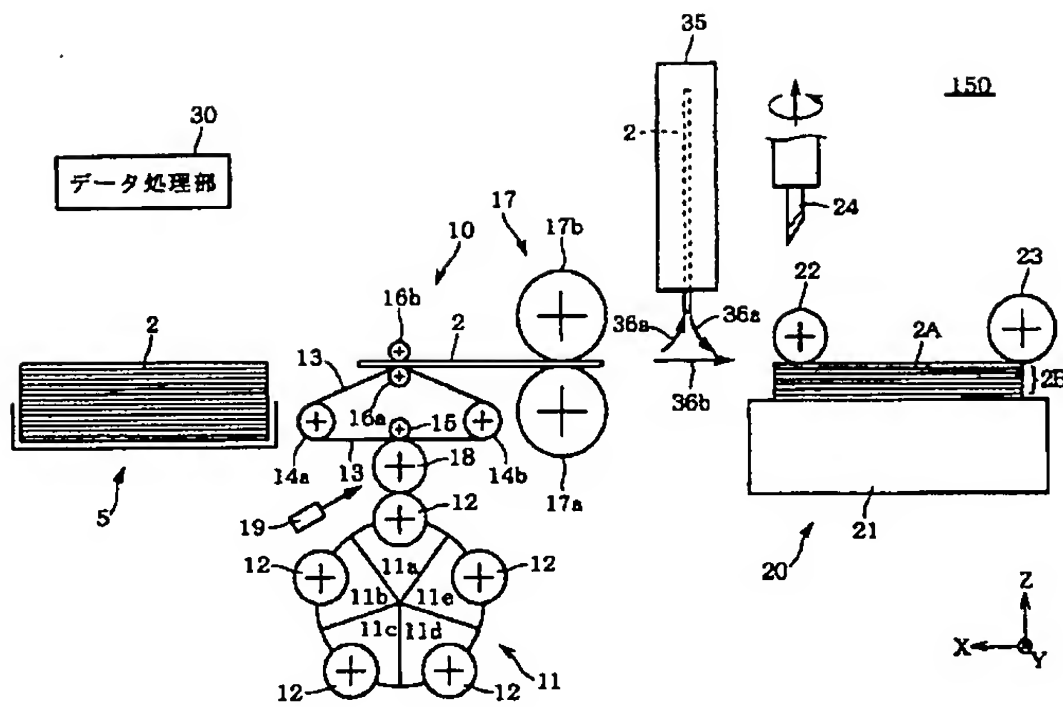
(b)

Y	M	Y	M	Y	M	Y	M
C	W	C	W	C	W	C	W
Y	M	Y	M	Y	M	Y	M
C	W	C	W	C	W	C	W
Y	M	Y	M	Y	M	Y	M
C	W	C	W	C	W	C	W
Y	M	Y	M	Y	M	Y	M
C	W	C	W	C	W	C	W

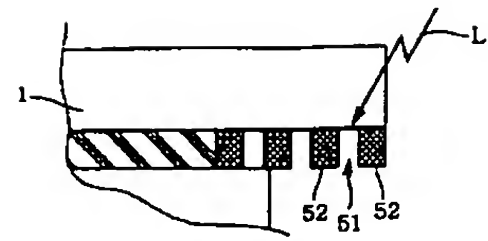
【図13】



【図 14】

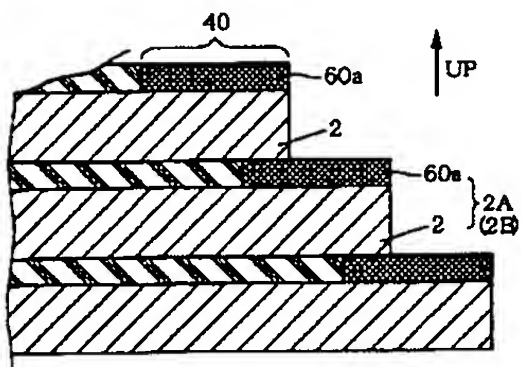


【図 23】



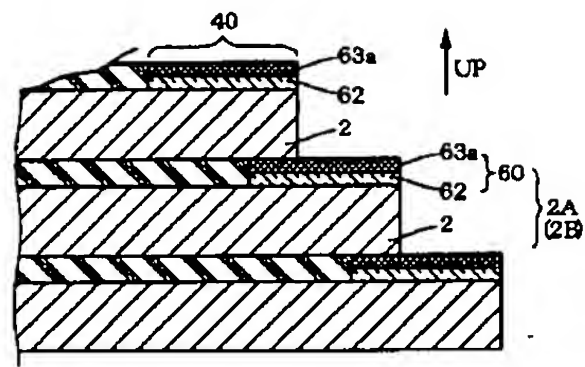
【図 15】

(a)

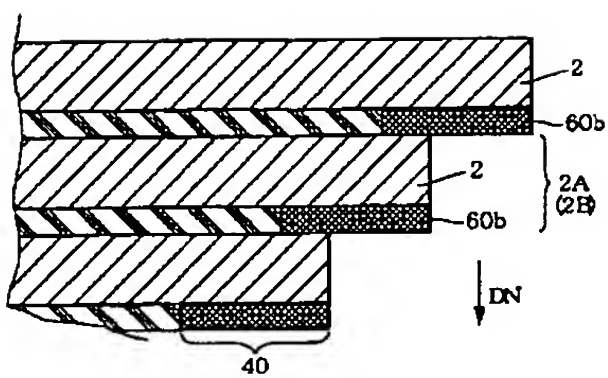


【図 16】

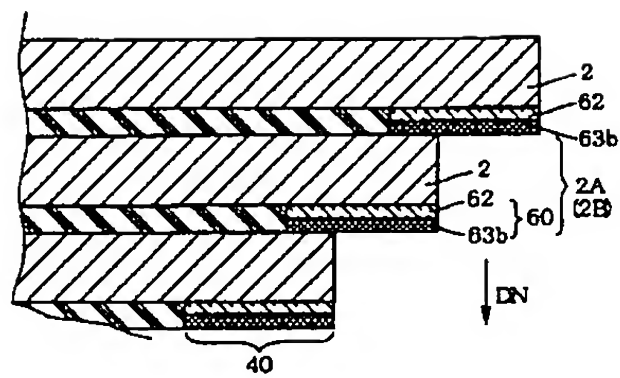
(a)



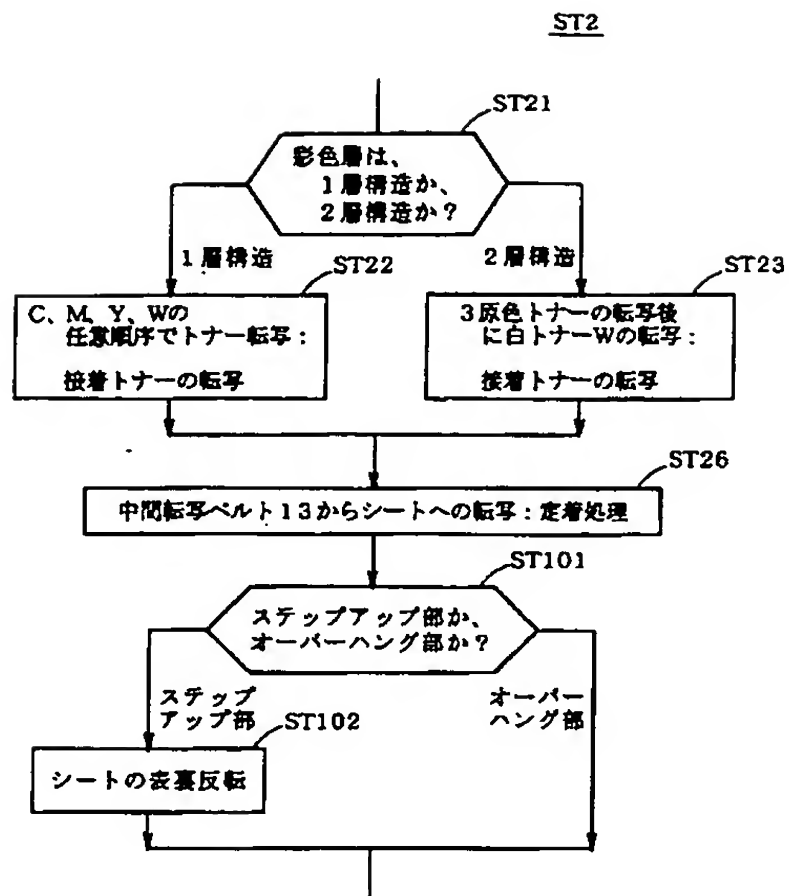
(b)



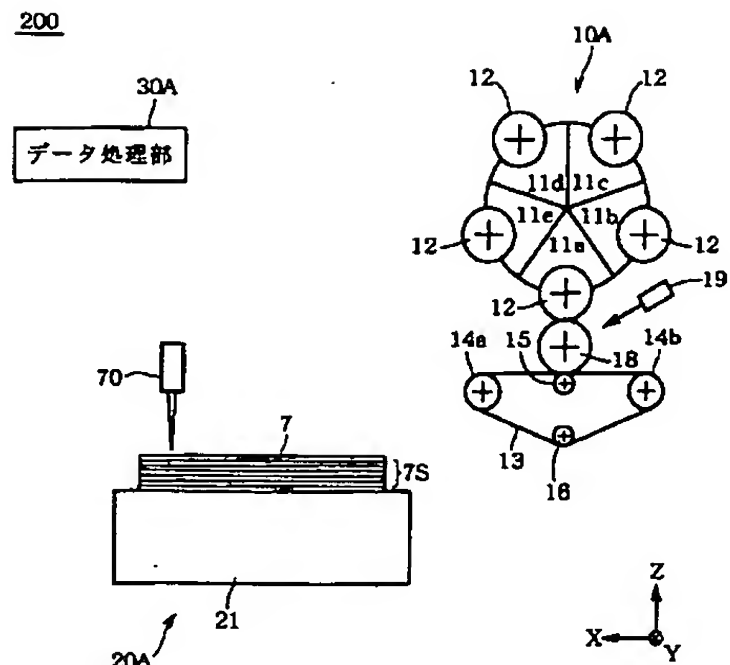
(b)



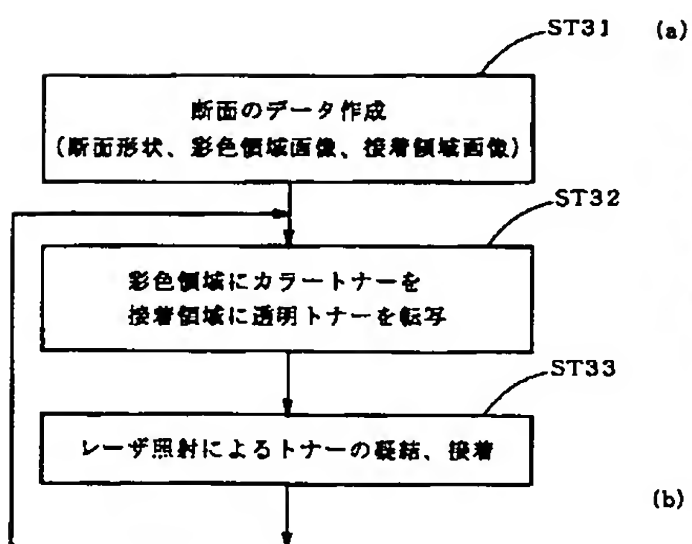
【図17】



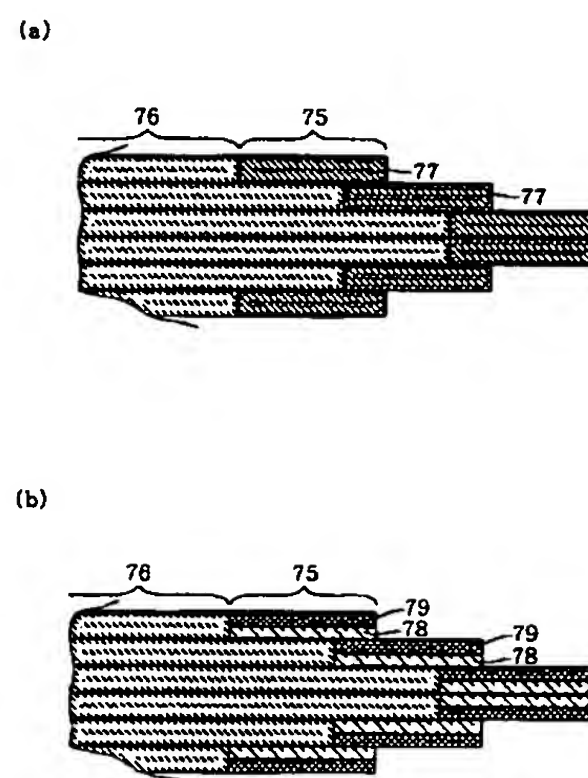
【図18】



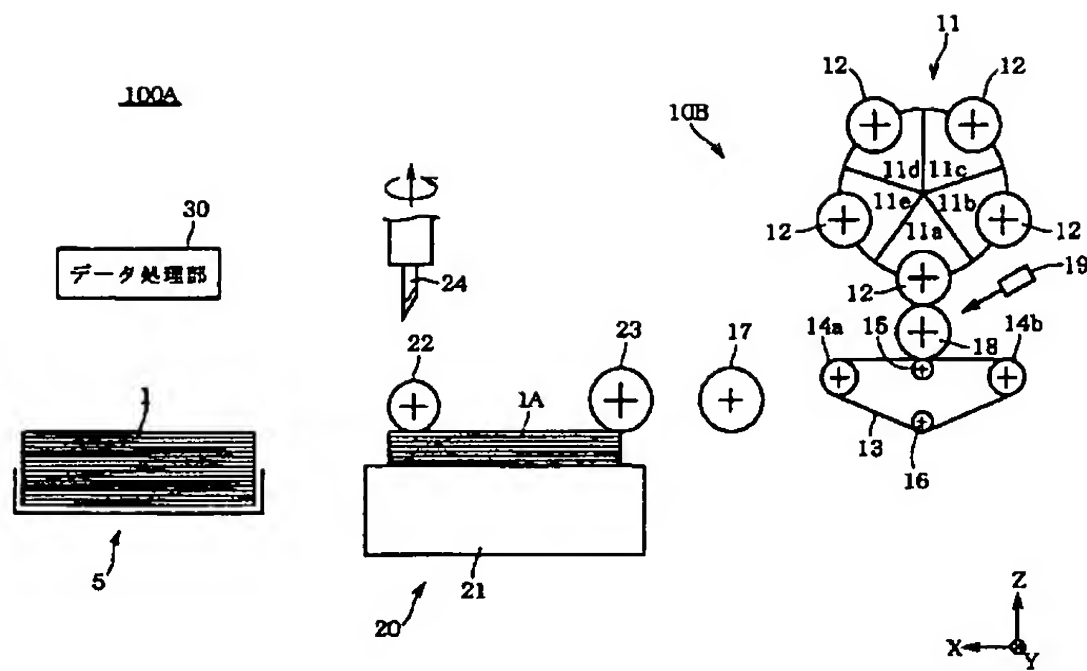
【図19】



【図20】



【図 21】



【図 22】

